

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Evaluación de Metabolitos Secundarios de Organismos Fitopatógenos sobre el
Desarrollo de Sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su
Potencial en el Control Postemergente de Maleza

Por:

MARCO ANTONIO TUCUCH PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México
Junio del 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Evaluación de Metabolitos Secundarios de Organismos Fitopatógenos sobre el
Desarrollo de Sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su
Potencial en el Control Postemergente de Maleza

Por:

MARCO ANTONIO TUCUCH PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada

Dr. Melchor Cepeda Siller
Asesor Principal

M.C. Andrés Rodríguez Gámez
Coasesor

M.C. Catalina Chávez Betancourt
Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2014

RESUMEN

Los microorganismos fitopatógenos surgen como una fuente de control de malezas usando los metabolitos, que estos producen como las fitotóxicas. Estos forman parte de un control más natural y orgánico, el cual no ocasiona daños al medio ambiente ni a la salud del hombre, y al mismo tiempo beneficia económicamente al productor. En el presente trabajo se evaluaron mezclas de extractos filtrados de microorganismos fitopatógenos que contenían metabolitos secundarios, que estos producen en su desarrollo, para su potencial uso como bioherbicidas al evaluar la fitotóxicidad de mezclas de estos filtrados en plantas de frijol y sorgo como plantas de prueba.

El trabajo se realizó en la ciudad de Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. Se obtuvieron extractos de microorganismos fitopatógenos y posteriormente se filtraron. Después se realizaron mezclas de los extractos, y se diluyeron con agua destilada a dos dosis; 2.0 ml en 200 ml de agua y 4.0 ml en 200 ml de agua. Las plantas indicadoras se sembraron en vasos de unicel, preparados con peat moss y tierra; y se sembraron 10 semillas de cada planta en cada vaso, y se colocaron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. La aplicación de los tratamientos, se realizó cuando las plantas tuvieron alturas de 5 a 10 cm y de 10 a 15 cm. La evaluación del daño foliar y altura de planta, se realizó a los 3, 5, 10 y 15 días y el peso seco se tomó al final de cada ensayo.

Los resultados mostraron que las mezclas de extractos filtrados de microorganismos con metabolitos secundarios, ocasionaron baja fitotóxicidad en las plantas indicadoras, sin embargo no se observó diferencias significativas entre tratamientos, en tanto que sí se observaron efectos en el crecimiento de las plantas y reducción de la producción de biomasa, con diferencia significativa entre algunos tratamientos.

Palabras clave: Agricultura orgánica, bioherbicidas, metabolitos secundarios, microorganismos fitopatógenos, *Sorghum bicolor* L., *Phaseolus vulgaris* L.

DEDICATORIA

A mi padre Fulgencio Martin Tucuch Cauich, mi maestro, amigo y gran ejemplo de vida que con sus enseñanzas y consejos siempre me ha guiado y siempre me ha apoyado en todos mis propósitos.

A mi madre Marta Magdalena Pérez Mendoza, mi más grande inspiración y amiga en la vida, que siempre me ha apoyado en todo y siempre ha estado conmigo en todo apoyándome y dándome consejos para seguir adelante.

A ustedes dos por darme todo su cariño, amor y comprensión, y por estar siempre conmigo cuando los necesito y por qué siempre me apoyan en todas las decisiones en mi vida.

A mis hermanos Martin y Adriana, que siempre están a mi lado incondicionalmente apoyándome y ayudándome, y por haber estado siempre juntos en tantos momentos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida y todas las bendiciones que siempre me ha dado a lo largo de mi vida y porque con su luz siempre me ha guiado.

Al Dr. Melchor Cepeda Siller por su apoyo, dedicación y tiempo que me presto en la realización de este trabajo, y por ser un gran profesor investigador que se preocupa por ayudar y transmitir sus conocimientos a los alumnos de la universidad.

Al M.C. Andrés Rodríguez Gámez por su apoyo y por haber sido parte de los profesores que me formaron durante mi estancia en la universidad.

A la M.C. Catalina Chávez Betancourt, por permitirme participar en este proyecto y por su apoyo y confianza en la realización de este trabajo.

A la Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda por su apoyo y tiempo en la realización del presente trabajo.

A la Empresa GreenCorp Biorganiks de México S.A. de C.V., por todo su apoyo y confianza al permitirme realizar este trabajo en sus instalaciones y con sus recursos.

A mis amigos del CEMAP, Diego, Erika, Fany, Alejandro y Helena, que me apoyaron durante la realización de los ensayos y por sus consejos.

A Nely por su incondicional apoyo durante todo este trabajo.

A mis amigos de la universidad Isaac, Frank, Raymundo, Iván y Javier por haber compartido y pasado tantas experiencias en la universidad.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por ser parte de mi vida y parte de mi formación.

A todos mis profesores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme transmitido todos sus conocimientos y ser parte de mi formación profesional.

A todos mis compañeros y amigos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

*“Empieza haciendo lo necesario, después
lo posible, y de repente te encontrarás
haciendo lo imposible.”*

San Francisco de Asís

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|------|
| RESUMEN..... | I |
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| INDICE DE CUADROS..... | viii |
| INDICE DE FIGURAS..... | x |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| OBJETIVO..... | 3 |
| HIPOTESIS..... | 3 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| Concepto de Maleza..... | 4 |
| Clasificación de la maleza..... | 4 |
| Importancia de la maleza..... | 6 |
| Otros usos de la maleza..... | 7 |
| Daños de la Maleza a la Agricultura..... | 8 |
| Pérdidas en la economía ocasionadas por la maleza..... | 9 |
| Métodos de Control de la Maleza..... | 10 |
| Control preventivo de la maleza..... | 11 |
| Control manual..... | 11 |
| Control mecánico..... | 11 |
| Control con cultivos rotatorios..... | 12 |
| Control cultural..... | 12 |
| Control legal..... | 12 |
| Control biológico..... | 12 |
| Control químico..... | 13 |
| Concepto de Herbicida..... | 13 |
| Clasificación de los herbicidas..... | 13 |
| Herbicidas preemergentes..... | 15 |
| Herbicidas postemergentes..... | 15 |
| Concepto de Agricultura Orgánica..... | 15 |
| Importancia de la agricultura orgánica..... | 16 |
| Concepto de Herbicida Orgánico..... | 18 |
| Concepto de Bioherbicida..... | 19 |
| Desarrollo de bioherbicidas..... | 19 |
| Beneficios de los bioherbicidas..... | 20 |
| Bioherbicidas comerciales..... | 20 |
| Uso de Metabolitos Secundarios de Microorganismos como Bioherbicidas..... | 22 |
| Resultados del uso de metabolitos secundarios..... | 22 |

| | |
|--|----|
| Fitopatógenos y sus Metabolitos Secundarios Potenciales como Bioherbidas..... | 23 |
| <i>Chondrostereum purpureum</i> Pers y <i>Neonectria galligena</i> Bre... | 23 |
| <i>Streptomyces hygroscopicus</i> Waksman & Henrici..... | 24 |
| <i>Bacillus subtilis</i> Cohn y <i>Pseudomonas fluorescens</i> Migula..... | 24 |
| <i>Fusarium oxysporum</i> Schltldl..... | 25 |
| <i>Erwinia amylovora</i> Burrell..... | 26 |
| <i>Phytophthora capsici</i> Leonian..... | 26 |
| <i>Penicillium</i> spp. Link..... | 27 |
| <i>Botrytis cinérea</i> De Bary..... | 27 |
| <i>Mycosphaerella fijensis</i> Morelet..... | 28 |
| <i>Rhizopus</i> spp. Ehrenb..... | 28 |
| <i>Colletotrichum gloesporoides</i> Penz..... | 29 |
| MATERIALES Y METODOS..... | 30 |
| Localización del sitio experimental..... | 30 |
| Materiales Usados..... | 30 |
| Tratamientos..... | 31 |
| Plantas Indicadoras..... | 31 |
| Diseño Experimental..... | 32 |
| Obtención de Extractos..... | 32 |
| Filtrados celulares de extractos..... | 33 |
| Preparación de concentrado para tratamientos con extractos de microorganismos..... | 34 |
| Medición de pH..... | 34 |
| Establecimiento de los Ensayos..... | 35 |
| Preparación de macetas..... | 35 |
| Aplicación de los tratamientos..... | 35 |
| Variables de Respuesta..... | 36 |
| Toma de datos..... | 37 |
| Metodología del Análisis..... | 37 |
| RESULTADOS..... | 38 |
| Resultados de Sorgo en Altura de 5 a 10 cm..... | 38 |
| Daño foliar..... | 38 |
| Altura de planta..... | 39 |
| Peso seco..... | 39 |
| Resultados de Sorgo en Altura de 10 a 15 cm..... | 40 |
| Daño foliar..... | 40 |
| Altura de planta..... | 41 |
| Peso Seco..... | 42 |
| Resultados de Frijol en Altura de 5 a 10 cm..... | 43 |

| | |
|---|----|
| Daño foliar..... | 43 |
| Altura de planta..... | 44 |
| Peso seco..... | 44 |
| Resultados de Frijol en Altura de 10 a 15 cm..... | 45 |
| Daño foliar..... | 45 |
| Altura de planta..... | 46 |
| Peso seco..... | 47 |
| DISCUSIÓN..... | 48 |
| CONCLUSIONES..... | 50 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 51 |
| APÉNDICE..... | 60 |

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Las malezas más importantes del mundo..... | 7 |
| 2. | Bioherbicidas registrados desde 1980 a 2007..... | 21 |
| 3. | Potenciales Fito toxinas usadas como bioherbicidas..... | 23 |
| 4. | Porcentaje de daño foliar en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora de 5 - 10 cm de altura. De acuerdo a la escala EWRC. Promedio de cuatro repeticiones. Análisis por Rangos de Friedman. 2013..... | 60 |
| 5. | Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de altura de plantas, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora. Aplicado de 5 - 10 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013..... | 60 |
| 6. | Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de peso seco, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora. Aplicado de 5 - 10 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013..... | 61 |
| 7. | Porcentaje de daño foliar en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora de 10 - 15 cm de altura. De acuerdo a la escala EWRC. Promedio de cuatro repeticiones. Análisis por Rangos de Friedman. 2013..... | 61 |
| 8. | Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de altura de plantas, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora. Aplicado de 10 - 15 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013..... | 62 |
| 9. | Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de peso seco, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora. Aplicado de 10 - 15 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013..... | 62 |
| 10. | Porcentaje de daño foliar en tratamientos aplicados en postemergencia sobre frijol, como planta indicadora de 5 - 10 cm de altura. De acuerdo a la escala EWRC. Promedio de cuatro repeticiones. Análisis por Rangos de Friedman. 2013..... | 63 |
| 11. | Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de altura de plantas, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre frijol, como planta indicadora. Aplicado de 5 - 10 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013..... | 63 |
| 12. | Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de peso seco, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre frijol, como planta indicadora. Aplicado de 5 - 10 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013..... | 64 |
| 13. | Porcentaje de daño foliar en tratamientos aplicados en postemergencia sobre frijol, como planta indicadora a 10 - 15 cm de altura. De acuerdo a la escala EWRC. Promedio de cuatro repeticiones. Análisis por Rangos de Friedman. 2013..... | 64 |

| | |
|--|----|
| 14. Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de altura de plantas, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre frijol, como planta indicadora. Aplicado de 10 - 15 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013..... | 65 |
| 15. Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de peso seco, en tratamientos aplicados en post emergencia sobre frijol, como planta indicadora. Aplicado de 10 - 15 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013..... | 65 |

INDICE DE FIGURAS

Figura No.

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Crecimiento de la superficie sembrada con productos orgánicos por continentes entre los años 2005-2011..... | 18 |
| 2. | Porcentaje de daño (EWRC) por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de sorgo como planta indicadora, en altura de 5-10 cm, en cuatro fechas de muestreo..... | 38 |
| 3. | Altura de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de sorgo como planta indicadora, en altura de 5-10 cm..... | 39 |
| 4. | Peso seco de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre sorgo como planta indicadora, en altura de 5-10 cm..... | 40 |
| 5. | Porcentaje de daño (EWRC) por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de sorgo como planta indicadora, en altura de 10-15 cm, en cuatro fechas de muestreo..... | 41 |
| 6. | Altura de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de sorgo como planta indicadora, en altura de 10-15 cm..... | 42 |
| 7. | Peso seco de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre sorgo como planta indicadora, en altura de 10-15 cm..... | 42 |
| 8. | Porcentaje de daño (EWRC) por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de frijol como planta indicadora, en altura de 5-10 cm, en cuatro fechas de muestreo..... | 43 |
| 9. | Altura de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de frijol como planta indicadora, en altura de 5-10 cm..... | 44 |
| 10. | Peso seco de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre frijol como planta indicadora, en altura de 5-10 cm..... | 45 |
| 11. | Porcentaje de daño (EWRC) por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de frijol como planta indicadora, en altura de 10-15 cm, en cuatro fechas de muestreo..... | 46 |
| 12. | Altura de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de frijol como planta indicadora, en altura de 10-15 cm..... | 47 |
| 13. | Peso seco de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre sorgo como planta indicadora, en altura de 10-15 cm..... | 47 |

INTRODUCCIÓN

La agricultura es la actividad más importante de la humanidad. Es la principal fuente de los alimentos que consume la población mundial. Se calcula que la producción agrícola fue de 2.3 billones de toneladas de cereales de los cuales 1 billón son destinados a consumo humano, 750 millones a consumo de ganado y 500 millones para la industria; en frutales se produjeron 640 millones y 1 billón de toneladas de hortalizas en todo el mundo (FAO, 2013).

Sin embargo desde que se inició la agricultura hasta la actualidad, se ha visto afectada por diversos factores que dañan, reducen y alteran la producción, calidad y rentabilidad de los productos agrícolas. Algunos de estos factores son las plagas insectiles, enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos; así como las malezas. Estos últimos unos de los principales problemas que enfrentan los productores en los cultivos que estos establecen.

El impacto de las malezas en cualquier sistema agrícola puede ser a través de: reducción de la producción agrícola y alto costo de control (FAO, 1996). Un ejemplo en la pérdida del rendimiento por las malezas fue reportado por Smith (1968) quien indico que en el cultivo de arroz hubo una afectación en el rendimiento de hasta un 95%.

Actualmente el principal método de control en la agricultura tecnificada es el combate químico, sin embargo la preocupación por una agricultura no contaminante ha llevado a prohibir o poner bajo restricciones a varios productos, presionando por la búsqueda de herbicidas de origen natural o bioherbicidas (Rojas y Gámez, 2002). Esto debido a los problemas de salud y medioambientales que llegan a suceder al usar herbicidas químicos, como son contaminación de cuerpos de agua, resistencia de malezas a los químicos, enfermedades crónicas al humano, daño a la fauna y flora circundantes de la zona de aplicación, entre otros.

De esta forma se han realizado estudios e investigaciones los cuales han permitido el desarrollo de nuevos bioherbicidas formulados a base de extractos naturales, microorganismos o productos secundarios, de microorganismos como enzimas, estos actúan de diferente forma como degradadores de tejidos e inhibidores de rutas metabólicas.

Con estos antecedentes se podrían realizar ensayos con extractos de microorganismos fitopatógenos y probar los metabolitos secundarios que estos producen para posteriormente formular y crear un bioherbicida, y así ayudar al medio ambiente, los productores y a las personas que llegan a tener contacto con los herbicidas para reducir la incidencia de problemas de salud.

OBJETIVO

Determinar la acción de las mezclas de metabolitos secundarios provenientes de extractos de microorganismos fitopatógenos, sobre las plantas indicadoras frijol y sorgo en cuanto a daño foliar, altura y peso seco.

HIPÓTESIS

La mezcla de algunos metabolitos secundarios provenientes de filtrados de microorganismos fitopatógenos, tendrán algún efecto fitotóxico en las plantas indicadoras.

REVISIÓN DE LITERATURA

Concepto de Maleza.

El termino maleza es una palabra que no está muy bien definida, se define a las malezas como plantas que crecen en un lugar equivocado en el momento equivocado, las malas hierbas por si solas pueden ser en otras situaciones plantas valiosas, siendo el humano el que cataloga a una planta como maleza (DeBach, 1985).

Muchas plantas que sirven como cultivos pero que crecen en el lugar equivocado así, el trigo que crece en un campo de soya puede ser tan perjudicial como la cicuta (*Conium maculatum* L.) en un pastizal para bovinos, los arboles de madera dura en un bosque de pino y el mezquite en áreas de pastizales (Wilkinson y Jaques, 1972).

Clasificación de la maleza

Las malezas ó malas hierbas pueden ser de diversos hábitos de crecimiento, pueden ser rastreras, trepadoras, de tallo erecto, acuáticas, etc. Al observar la gran cantidad de hábitos, hábitats, morfología, estructuras y ciclo de vida que presentan las malezas se ha dificultado la clasificación de estas; y esto ha ocasionado que existan diversas formas de clasificarlas.

Por eso teniendo en cuenta todo esto las malezas se pueden clasificar de la siguiente forma:

A. Tipo de planta.

Según el tipo de planta las malezas se dividen en:

1. Malezas de hoja ancha (Dicotiledóneas).

Especies indeseables de hoja ancha, poseen venación de las hojas en forma de red. Estas tienen las siguientes características:

Venación reticulada; hojas pecioladas o sésiles no lineares; partes florales en 2,3,4,5 o múltiples; raíz pivotante; tejido vascular anillado; fruto variado y flores vistosas de color.

2. Malezas de hoja angosta (monocotiledóneas).

Incluye todas las gramíneas, ciperáceas y otras especies con hoja angosta y venación paralela. Estas tienen las siguientes características:

Venación paralela; hojas envainadoras lineales; partes florales en 2 o múltiples; raíz fasciculada; tejido vascular disperso; fruto cariósido; y flores inconspicuas.

B. Ciclo de vida

1. Anuales

Aquellas que viven un solo año o menos. Se desarrollan de una semilla; producen follaje, flores, semillas y luego mueren. Ejemplo de estas son: miona, guardarocio y pasto azul.

2. Bianuales

Parecidas a la anuales, pero con la diferencia de que necesitan dos años para completar el ciclo. Usualmente durante el primer año tienen crecimiento vegetativo y en el segundo año sucede la floración y la producción de semillas. Por ejemplo: La Zanahoria silvestre.

3. Perennes

Plantas que viven dos o más años, florecen y producen semillas sin que luego mueran; pueden ser herbáceas o leñosas.

C. Hábito

Según el sitio donde se encuentran y crecen.

1. Acuáticas. Son especies que se desarrollan y completan gran parte de su ciclo en ambientes acuáticos.

2. Terrestres. Son especies que se desarrollan y completan gran parte de su ciclo en ambientes terrestres (Cronquist, 1981).

Importancia de la maleza

Las malezas son plantas que por sí solas no son agresivas o dañinas, llegan a tener roles muy importantes dentro de la naturaleza; Villareal (1988), menciona que las malezas cumplen funciones ecológicas muy importantes dentro de los ecosistemas; entre las que se mencionan son:

Restablecen el orden en ecosistemas alterados con fines de productividad selectiva; son pioneras y colonizadoras en procesos de sucesión en áreas perturbadas; retienen el suelo y evitan la erosión; sirven de alimentos a fitófagos; provén de néctar y polen a insectos cosechadores de miel; sirven de fertilizantes y ayudan a la formación del suelo vegetal.

De igual forma las malezas y su constante competencia con el hombre, han llegado a formar parte de estudios de ecología en los cuales se enfatiza las características biológicas que tiene para su adaptabilidad y supervivencia.

Entre las características biológicas más importantes están las siguientes:

- a) Gran potencial genético que les permite dar origen a nuevas razas fisiológicas, que facilitan su adaptación a diferentes medios ecológicos;
- b) Resistencia a las condiciones adversas, la cual está relacionada con alta y rápida producción de semillas y una marcada capacidad para la reproducción vegetativa y sexual;
- c) Presencia de letargo en los órganos de reproducción vegetativa y sexual;
- d) Mecanismos de cruzamiento que garantizan la sobrevivencia de poblaciones exitosas y la diversidad genética que permiten su distribución en el tiempo y en el espacio;
- e) Capacidad para prosperar en áreas perturbadas;
- f) Diseminación a grandes distancias a través de los diferentes medios de dispersión;
- g) Habilidad competitiva interespecifica por medios especiales como la alelopatía y eficiencia en el aprovechamiento de recursos (López, 2003)

De esta forma se puede ver que las malezas ecológicamente hablando, llegan a ser de gran importancia. En tierras sin cultivar, las malezas forman parte de una comunidad de organismos de todo tipo, y cualquier cambio en la

diversidad de la vegetación, puede tener efectos profundos en la fauna para bien o para mal (Fryer y Makepeace, 1977).

Otros usos de la maleza

Otro aspecto que tienen las malezas es que algunas llegan a tener propiedades medicinales o incluso ser usadas como alimento. En el caso de las malezas usadas por tener propiedades medicinales está el amaranto espinoso (*Amaranthus spinosus* L.), el extracto de esta hierba ha sido usado por tener propiedades contra la diabetes y la hiperlipidemia; esto lo demostraron Sangameswaran y Jakar (2008) quienes realizaron pruebas en ratones enfermos de diabetes y con exceso de grasa en la sangre, y mencionaron que después de 15 días de tratamiento a dosis de 250 y 500 mg/kg de extracto etanólico de *A. spinosus* L. disminuyeron los niveles de glucosa y de colesterol en la sangre de los ratones.

Otro caso de uso medicinal de malezas es la malva (*Malva silvestris* L.) la cual es usada como antiinflamatorio; estudios realizados por Chiclana *et al.* (2009) reportaron que al usar una crema con extracto de Malva al 5% redujo la inflamación causada por carragenina en ratones.

En cuanto a su uso como alimento Rapoport *et al.* (2009), reportan una gran variedad de malezas, entre las que mencionan se encuentran: milenrama (*Achillea millefolium* L.), ajeno (*Artemisia absinthium* L.), cardo negro (*Cirium vulgare* L.), malva silvestre (*Malva silvestris* L.), entre otras.

De esta forma se han identificado las malezas más importantes a nivel mundial, ya sea para su uso ecológico, medicinal, alimenticio o por sus daños en la agricultura (Cuadro 1).

Cuadro 1. Las malezas más importantes del mundo.

| Rango | Especie | Formas de crecimiento* | |
|-------|----------------------------------|------------------------|-------|
| 1 | <i>Cyperus rotundus</i> L. | P | M |
| 2 | <i>Cynodon dactylon</i> L. | P | M |
| 3 | <i>Echinochloa crus-galli</i> L. | A | M |
| 4 | <i>Echinochloa colona</i> L. | A | M |
| 5 | <i>Eleusine indica</i> L. | A | M |
| 6 | <i>Sorghum halepense</i> L. | P | M |
| 7 | <i>Imperata cylindrica</i> L. | P | M |
| 8 | <i>Eichhornia crassipes</i> L. | P | M Ac. |
| 9 | <i>Portulaca oleraceae</i> L. | A | D |
| 10 | <i>Chenopodium álbum</i> L. | A | D |
| 11 | <i>Digitaria sanguinalis</i> L. | A | M |
| 12 | <i>Convolvulus arvensis</i> L. | P | D |
| 13 | <i>Avena fatua</i> L. | A | M |
| 14 | <i>Amaranthus hybridus</i> L. | A | D |
| 15 | <i>Amaranthus spinosus</i> L. | A | D |
| 16 | <i>Cyperus esculentus</i> L. | P | M |
| 17 | <i>Paspalum conjugatum</i> L. | P | M |

*A=Anual; Ac= Acuática; D= Dicotiledónea; M=Monocotiledónea; P=Perenne.

Fuente: FAO, 1996.

Daños de la Maleza a la Agricultura

En la agricultura las malezas suelen ser un gran problema, ya que estas tienen gran repercusión, estas llegan a afectar directa o indirectamente la salud del agricultor, y llegan a tener efectos negativos sobre los cultivos. Estas afectan la economía del productor agrícola al dañar los cultivos, ganado, terrenos agrícolas, áreas no cultivadas que son de interés, depósitos de agua y sistemas de riego (Quezada y Agundis, 1984).

Las malezas afectan también en forma directa a los cultivos en sus etapas primarias, ya sea por reducción en vigor, competencia, alelopatía y

parasitismo; y en forma indirecta por daños ocasionados por insectos, patógenos y roedores.

López (2003), cita otros daños ocasionados por las malezas:

Disminuyen los rendimientos de los cultivos, tanto en cantidad como en calidad. Debido al efecto de competencia por el espacio, la luz, humedad y las sustancias nutritivas del suelo durante los procesos de producción; la calidad disminuye por la presencia de impurezas con posterioridad a la cosecha.

- Contribuye al empobrecimiento y pérdida de productividad de los suelos al quitarles la fertilidad y humedad.
- Reducen la eficiencia en el uso de la tierra.
- Elevan los costos de producción al realizar labores adicionales para su control.
- Dificultan la cosecha.
- Muchas especies son tóxicas para el ganado, y modifican el sabor de la carne o la leche.
- Son hospederas de plagas insectiles y microorganismos que posteriormente atacan a las plantas cultivadas.

Pérdidas en la economía ocasionadas por la maleza

Se mencionan que hay cuatro grupos de plagas agrícolas: 1) Enfermedades de los animales. 2) Enfermedades de las plantas. 3) Los insectos, roedores y los animales predadores. 4) Las malas hierbas.

Se han hecho estudios para estimar las pérdidas ocasionadas anualmente por cada uno de estos grupos de plagas. Todos ellos han llevado a la conclusión de que las pérdidas anuales ocasionadas por las malas hierbas exceden de las causadas por cualquiera de los otros tres grupos; un informe del Comité de los Estados Unidos, estima que estas pérdidas superan a la suma de las pérdidas ocasionadas por los otros tres grupos (Juárez, 1988)

Los costos de las malezas sobre la agricultura han sido calculados y demostrados desde hace mucho tiempo. De esta forma Crafts (1975), menciona entre los años 1942 y 1951 las pérdidas en Estados Unidos ocasionadas por las malezas estuvieron entre los tres y cinco billones de dólares anualmente, y que estas fueron superiores a las pérdidas por erosión, insectos plaga, enfermedades de las plantas y enfermedades del ganado..

Otro ejemplo de pérdidas por malezas es mencionado por Mónaco *et al.* (2002), ellos mencionan que en Estados Unidos la calidad de los cultivos se reduce en 12% anualmente lo que significa aproximadamente pérdidas por 36 billones de dólares, también se le añaden otros 4 billones que se usan en herbicidas, más otros 3 billones usados en prácticas culturales y otros métodos.

En México existe una gran variedad de malezas de importancia económica que atacan a los cultivos agrícolas, las cuales ocasionan pérdidas y afectan la economía de los agricultores del país entre las principales se encuentra: coquillo (*Cyperus esculentus* L.), avena silvestre (*Avena fatua* L.), zacate cadillo (*Cenchrus incertus* M.A. Curtis), zacate grama (*Cynodon dactylon* L.), zacate de agua (*Echinochla crus-galli* L.), zacate jhonson (*Sorghum halepense* L.), quelite (*Amaranthus hybridus* L.), girasol silvestre (*Helianthus annuus* L.), diente de león (*Taraxacum officinale* G.H. Weber ex wigg), cadillo, (*Xanthium strumarium* L.), correhuela (*Convolvulus arvensis* L.), rodadora (*Salsola kali* L.), cardo (*Argemone echinata* L.), lengua de vaca (*Rume crispus* L.), verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), toloache (*Datura quercifolia* Kunth), tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot), mala mujer (*Solanum rostratum* Dunal) (SARH, 1992).

Métodos de Control de la Maleza

Es importante el control que se tienen sobre las malezas, esto debido a que de no controlarse pueden ocasionar muchas pérdidas. En toda actividad

donde ocurre un crecimiento de malezas siempre habrá algún método de control; debido a que si no se controlan los lugares donde crecen, estas se ven muy afectadas. Los métodos se pueden clasificar en preventivos, manuales, mecánicos, culturales, biológicos, legales y químicos (Rice, 1992).

Control preventivo de la maleza

Como en todos los casos antes de que se tenga que invertir en controlar un problema siempre es mejor prevenir, y en el caso de las malezas no es distinto; ya que es mejor invertir en prevención de estas que invertir en el control de las malezas ya cuando están atacando, sin embargo la prevención de malezas no siempre es tan eficaz ya que estas tienen gran capacidad de reproducción, expansión y supervivencia en general (Rice, 1992).

Control manual

Extirpación de malezas en forma directa usando las manos o el azadón, es más recomendable cuando las malas hierbas están en estado de plántula, en terrenos sueltos y húmedos (CESAVEG, 2007).

Control mecánico

Eliminación de malezas empleando cualquier equipo agrícola como arados, rastras, azadones rotatorios y cultivadoras conectadas al tractor (CESAVEG, 2007). Entre los métodos mecánicos más conocidos están la labranza y siega; en la labranza se usan técnicas como el entierro de malezas que se usa contra el cardo de Canadá, lúpulo de campo, pasto de ganso, pata de gallo, pasto Johnson y ciperus; y la técnica de destrucción de sistemas radiculares (Klingman y Ashton, 1980)

Control con cultivos rotatorios

Este es usado para controlar ciertos tipos de malezas, al rotar los cultivos para evitar el crecimiento de un solo tipo de maleza (Klingman y Ashton, 1980).

Control Cultural

Este tipo de control contempla todas las prácticas de manejo de cultivo como: uso de semilla certificada, fechas de siembra, densidad de siembra, sistemas de labranza, rotación de cultivos, cultivos competitivos, fertilización adecuada y periodos libres de malezas (CESAVEG, 2007).

Control legal

Normas legales para prevenir la introducción y establecimiento de malezas. Creado por el Gobierno Federal usando cuarentenas, permitiendo el uso de semillas certificadas y libres de semillas de malas hierbas (SARH, 1992).

Control biológico

Consiste en la utilización de organismos vivos altamente específicos que pueden ser insectos, plantas parásitas, patógenos o cultivos competitivos para el control de especies problema. Algunos ejemplos de especies tratadas son:

- *Cyperus esculentus* L.
En Mississippi se realizan estudios con el insecto *Bactra verutana* Zeller y con el hongo patógeno *Puccinia canaliculata* Schw.
- *Echinochla cruz-galli* L.
En Holanda se encuentra bajo evaluación el hongo *Cochliobolus lunatus* R. con un grado de éxito del 75%.

- *Xanthim strumarium* L.

En Australia se liberó al insecto *Euaresta aequalis* Loew (SARH, 1992).

Control químico

Es el uso de herbicidas químicos para eliminar las malezas. Usar herbicidas sistémicos para plantas perennes o de reproducción asexual. La época más adecuada para la aplicación de herbicidas sistémicos es a partir de los primeros 20 días de desarrollo hasta floración, que es cuando hay una mayor actividad en la planta (SARH, 1992).

Concepto de Herbicida

Los herbicidas son productos importantes en la agricultura, para el control de malezas. Se puede definir a los herbicidas como productos genéricos, capaz de alterar la fisiología de las plantas durante un período suficientemente largo, como para impedir su desarrollo normal ó causar su muerte (Doll y Fuentes, 1982)

Clasificación de los herbicidas

Existe una gran variedad de herbicidas que tienen diversos modos de actuar, estructuras químicas, modos de acción, usos agronómicos, comportamiento edáfico y métodos de aplicación. De esta manera los herbicidas se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Por sus principales usos. Se clasifican según cultivos o situaciones de malas hierbas en las que se aplican (García y Fernández, 1991)
- Por el tipo de aplicación. Algunas veces el tipo de combinación maleza-cultivo no permite el uso de herbicidas selectivos, para esto se usa un producto que sea tolerado por el cultivo.

- a) De presiembra: se aplica varios días antes de la siembra
 - b) De preemergencia: se aplican al momento de sembrar o antes de que salgan las malezas.
 - c) De postemergencia: se aplican una vez que han emergido las malezas ya cuando han alcanzado aproximadamente de 5 a 10 cm de altura (Rojas y Vásquez, 1995)
- Por su comportamiento en la planta. Según la respuesta de las especies vegetales, un herbicida o tratamiento herbicida puede clasificarse de dos formas.
 - a) Selectivo: cuando inhibe diferencialmente el desarrollo de unas especies en comparación con otras.
 - b) No selectivo: cuando controla todas las especies (García y Fernández, 1991).
- Por su comportamiento en el suelo. Se usa esta clasificación midiendo la persistencia de los herbicidas en el suelo.
 - a) Pocos persistentes: los que solo muestran actividad en las primeras fases del cultivo.
 - b) De persistencia media: los que son activos al menos la mitad del ciclo del cultivo.
 - c) Persistentes: los que controlan la vegetación susceptible durante todo el cultivo.
 - d) De largo poder residual: los que llegan a persistir uno o más años (García y Fernández, 1991).
- Por el modo de acción. Según el modo acción que tengan los herbicidas en la planta.
 - a) De contacto: el producto que destruye las plantas, o partes de ellas, sobre las que se aplica.
 - b) De translocación o de acción interna: producto que se absorbe en la porción de la planta que queda tratada y ejerce su acción tóxica en otra parte (Detroux, 1966).
- Por su estructura química. Se usa esta clasificación para agrupar a los herbicidas de acuerdo a su estructura química entre las familias más utilizadas según Anderson (1977) están:

Herbicidas alifáticos-carboxílicos; fenoles; aromáticos-carboxílicos; fenoxycarboxílicos; ácidos fenilacéticos; ácidos benzoicos; ácidos ftálicos; dinitroanilina; benzonitriles; diamino-s-triazinas; carbamatos; ácidos amida y uracilos.

También existen otros herbicidas no clasificados dentro de estas Familias entre los más usados están: Amitroles; bentazon; glifosfato; paraquat; methylbromido; picloram.

De igual forma existen herbicidas que no son químicamente orgánicos y que están clasificados dentro de la química inorgánica como por ejemplo: Sulfamato de amonio; arsenito de sodio; clorato de sodio y metaborato tetrahidratado de sodio.

Herbicidas preemergentes

Fuantes (1994), define a los herbicidas preemergente como productos que evitan la germinación de las semillas de malas hierbas así como su desarrollo.

Herbicidas postemergentes

Los herbicidas postemergentes Glover (1983), los define como productos químicos aplicados directamente al follaje de las malas hierbas, es un eficiente auxiliar para controlar aquellas malezas que han logrado escapar al control mecánico y control químico pre emergente.

Concepto de Agricultura Orgánica.

Según la FAO (2003b), la agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo, a

minimizar el uso de los recursos no renovables y no utilizar fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana. La agricultura orgánica involucra mucho más que no usar agroquímicos. La producción orgánica no solo se ocupa del producto sino también de todo el sistema que se usa para producir y entregar el producto al consumidor final.

Importancia de la agricultura orgánica

En la actualidad la agricultura orgánica se ha vuelto algo importante en muchos países del mundo; esto debido a que existen muchos problemas medio ambientales que degeneran y dañan al medio ambiente así como a la salud de las personas. Actualmente las zonas protegidas, resultan insuficientes para la conservación de la naturaleza, especialmente para las especies migratorias. La agricultura, especialmente en su forma más extrema de monocultivo industrializado, altera el paisaje, y daña y altera los productos y sistemas del ecosistema; incluyendo la biodiversidad en todos sus niveles. Tanto la invasión agrícola de los territorios, como la contaminación y la intensificación contribuyen a la degradación de los suelos y las aguas; y también a la extinción de la biodiversidad (FAO, 2003a)

La FAO (2002), también señala que insecticidas, herbicidas y plaguicidas químicos, también se aplican intensamente en muchos países, tanto desarrollados como en desarrollo lo que provoca la contaminación del agua dulce con compuestos carcinógenos y otros venenos que afectan al ser humano y a muchas formas de vida silvestre; los plaguicidas también reducen la biodiversidad, ya que destruyen hierbas e insectos y con ellos las especies que sirven de alimento a pájaros y otros animales; en los años noventa se apreció una disminución del uso de insecticidas, tanto en países desarrollados, como Francia, Alemania y el Reino Unido, como en unos cuantos países en desarrollo, como la India; en contraste, el uso de herbicidas continuó aumentando en la mayoría de los países.

La agricultura orgánica, define estrategias que combina elementos como la ecología de las plagas, la ecología de las plantas ó la ecología del suelo en un enfoque único, el manejo orgánico se concentra en las relaciones en la cadenas alimentarias y en los ciclos de los elementos y busca maximizar la estabilidad y la homeostasis del agroecosistema. Sin el uso de agroquímicos la agricultura orgánica, impide que se degraden los recursos naturales y se pierdan tierras y potencial productivo; al no utilizar productos sintéticos los productores se ven obligados a restaurar el equilibrio ecológico natural por que las funciones del ecosistema son su principal insumo productivo (FAOa, 2003).

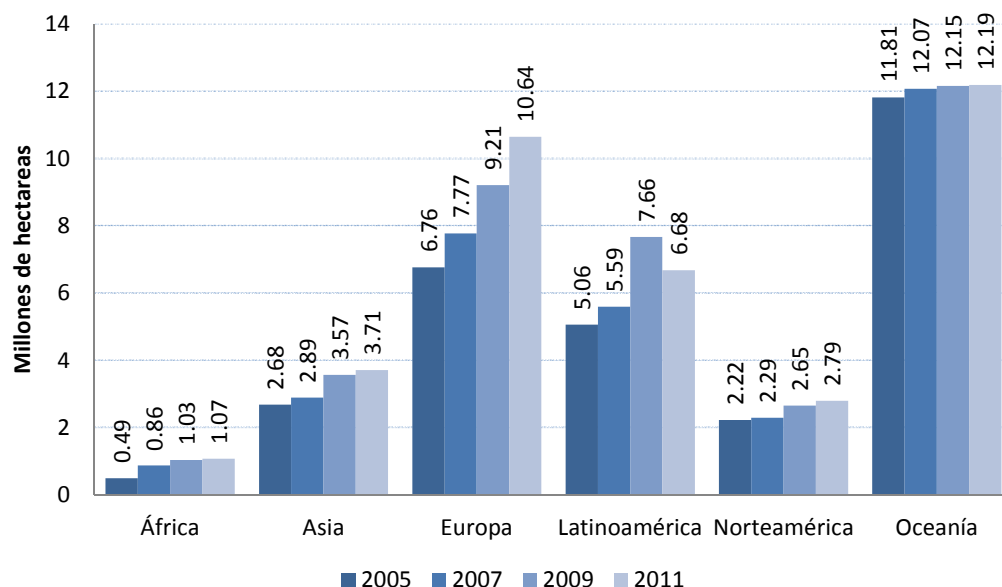
Algunos de los principios de la agricultura orgánica establecidos por la Federación Mundial de Movimientos Orgánicos, son mencionados por Soto y Muschler (2001), entre estos tenemos:

- Producir alimentos en suficiente cantidad y de alta calidad alimenticia.
- Interactuar con todos los sistemas naturales de forma constructiva y promotora de vida.
- Promover y mejorar los ciclos biológicos en el sistema productivo de la finca, involucrando microorganismos, la flora y la fauna del suelo, animales y plantas.
- Mantener y aumentar la fertilidad de los suelos en el largo plazo.
- Minimizar o evitar todas las formas de contaminación resultantes de la actividad agrícola.
- Promover una cadena de producción completamente orgánica, socialmente justa y económicamente responsable.

De esta forma la agricultura orgánica llega a ser importante para preservar el medio ambiente, cuidar la salud humana y para tener un sistema económico y productivo, mucho más justo para todas las personas. Y tal es su importancia que muchos países en la actualidad, han empezado a cambiar sus leyes para dirigir a su producción agrícola a una producción orgánica (FAOa, 2003).

Con tasas de crecimiento crecientes, los productos orgánicos conquistan cada vez más rápidamente las estructuras de mercado de alimentos en el ámbito mundial. Un ejemplo de esto es mencionado por Gómez y Gómez (2004), que en el 2002 las ventas de estos productos alcanzaron 23 000 millones de dólares superando los 19 000 millones registrados en el 2001.

Según Organic World (2013), la superficie sembrada de productos orgánicos ha ido en aumento; de esta forma África aumento de 0.49 millones de Has a 1.07; Asia de 2.68 millones de hectáreas a 3.71; Europa de 6.76 millones de hectáreas a 10.64; Latinoamérica de 5.06 millones de Has a 6.86; Norteamérica de 2.22 millones de hectáreas a 2.79 y Oceanía de 11.81 millones de hectáreas a 12.19 del 2005 al 2011 (Figura 1).



Fuente: Organic World con datos de FIBL-IFOAM, 2013.

Figura 1. Crecimiento de la superficie sembrada con productos orgánicos por continentes entre los años 2005-2011.

Concepto de Herbicida Orgánico

El control biológico se puede definir, como el uso de organismos vivos para control de plagas como insectos, bacterias, hongos o malezas. Para esto se usan los organismos vivos ó compuestos, que estos sintetizan dentro de su

mismo metabolismo. Este tipo de control tiene ciertas ventajas como las que mencionan Fernández y Juncosa (2002), estas son:

- La especificidad en su actuación.
- Respeto al medio ambiente.
- Los patógenos tienden a desarrollar menor resistencia a productos microbianos que a productos químicos.

Los herbicidas orgánicos son parte del control biológico, ya que son herbicidas formulados a base de organismos vivos o con sustancias sintetizadas por estos; los herbicidas orgánicos pueden estar compuestos por extractos vegetales, microorganismos o por compuestos producto del metabolismo de los microorganismos.

Concepto de Bioherbicida

Los bioherbicidas son productos que tienen gran potencial para el control de malezas, que contienen microorganismos o productos secundarios de estos (Hoagland, 1990). El control biológico ha sido objeto de muchos esfuerzos. Se han tenido algunos éxitos con insectos, pero se tienen mejores oportunidades con el uso de microorganismos (Rojas y Gámez, 2002).

Desarrollo de bioherbicidas

El uso de bioherbicidas como control de malezas, se empezó a desarrollar desde los años 80s, por lo general los bioherbicidas son patógenos de las plantas que se desarrollan y usan de la misma manera que los herbicidas químicos (Green, 2003). El principio para el uso de bioherbicidas es que numerosos patógenos de plantas están asociados con varias especies de malezas pero debido a fuerzas ambientales ó fisiológicas las poblaciones de estos son muy bajas (Templenton *et al.* 1986); posteriormente estudios conducen a encontrar patógenos endémicos específicos para una maleza

donde la maleza es un problema; estos patógenos son cultivados y producidos en laboratorio donde se realizan pruebas de patogenicidad en las malezas bajo diversas condiciones (Ayres y Paul, 1990).

Beneficios de los bioherbicidas

Algunos beneficios que se han encontrado de los bioherbicidas son: a) los patógenos utilizados en los bioherbicidas por lo general son patógenos que naturalmente atacan a las malezas contra las que se formula, esto ayuda a que sean más selectivos y dañen menos el ambiente; b) en el caso de los microherbicidas, los hongos son mucho más selectivos con la planta que atacan y de esta forma se dañan menos las plantas aledañas o los cultivos; c) los bioherbicidas son menos tóxicos para el hombre y para los animales (Landscare, 2008).

Bioherbicidas comerciales

Actualmente algunos bioherbicidas comerciales son el “Collego” con esporas de *Colletotrichum gleosporoides* Penz, “Divine” para la maleza *Morrenia Odorata* Lindl, *Cercospora rodmani* Conway para el control del lirio acuático (Rojas y Gámez, 2002), y MBI 005 con *Streptomyces acidiscabies* Nov. (Quarles, 2010), entre otros.

Actualmente existen diversos bioherbicidas que están en el mercado y que tienen registro ante autoridades fitosanitarias de diversos países, a continuación se muestran los herbicidas que se han producido desde el año de 1980, su patógeno activo y la maleza contra la que han sido formulados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Bioherbicidas registrados desde 1980 a 2007.

| País y fecha. | Patógeno y nombre del producto. | Maleza que ataca |
|------------------|---|----------------------------------|
| USA, 1981. | DeVine®: <i>Phytophthora Palmivora</i> Butler | <i>Morrenia odorata</i> Lindl. |
| USA, 1982. | Collego™: <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> f. sp. <i>Aeschynomene</i> Penz | <i>Aeschynomene virginica</i> L. |
| USA, 1983. | CASST™: <i>Alternaria cassiae</i> Jurair & Khan | <i>Cassia</i> spp. |
| USA, 1987. | DrBioSedge: <i>Puccinia canaliculata</i> Schw. | <i>Cyperus Esculentus</i> L. |
| Canadá 1992. | BioMal®: <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> f. sp. <i>Malvae</i> | <i>Malva pusilla</i> Sm. |
| Sudáfrica, 1997. | Stumpout™: <i>Cylindrobasidium</i> leave Pers. | Especies de acacia |
| Holanda, 1997. | Biochon™: <i>Chondrostereum Purpureum</i> Pers. | <i>Prunus serótina</i> Ehrh. |
| Japón, 1997. | Camperico™: <i>Xanthomonas campestris</i> pv <i>poannua</i> | <i>Poa annua</i> L. |
| Sudáfrica, 1999. | Hakatak: <i>Colletotrichum Acutatum</i> J.H. | <i>Hakea Seríceea</i> Schrader |
| Canadá, 2004. | Chontrol™ = Ecoclear™: <i>Chondrostereum purpureum</i> Pers. | Malezas forestales |
| Canadá, 2004. | Myco-Tech™ paste: <i>Chondrostereum purpureum</i> Pers. | Malezas forestales |

Uso de Metabolitos Secundarios de Microorganismos como Bioherbicidas

El uso de microorganismos vivos como bioherbicidas, ha demostrado ser una opción que empieza a usarse para control de malezas específicas, sin embargo existen ciertas objeciones, que se pueden presentar al usar estos tipos de bioherbicidas, Rojas y Gámez (2002) mencionan algunas de estas:

- Debe ser específico para ciertas especies y aun así hay peligro de escape a cultivos susceptibles vecinos.
- Debe ser genéticamente estable y producir abundante inóculo.
- El lapso entre la infección y el establecimiento del patógeno permite la competencia entre maleza y cultivo.
- Puede alcanzarse un equilibrio patógeno-hospedero antes de tener un control de la maleza efectivo.

De esta forma la utilización de metabolitos secundarios como enzimas, toxinas o reguladores de crecimiento se vuelve una opción que empieza a ser estudiada y valorada para la creación y formulación de bioherbicidas.

Resultados del uso de metabolitos secundarios

Actualmente se han realizado estudios y ensayos con metabolitos secundarios de diversas especies de microorganismo, y han tenido buenos resultados entre los que se han producido y probado están: la acetil arantonina producida por el hongo *Aspergillus terreus* Thom; la naringenina del *A. niger* P.E.L.; faseolotoxina del *Pseudomonas syringae* Van Hall (Hoagland, 1990); la fosfotricina o glufosinato de *Streptomyces* (Cobb, 1992); el ácido abscísico de *Cercospora cruenta* Sacc (Cutler, 1990).

Fitopatógenos y sus Metabolitos Secundarios Potenciales como Bioherbicidas

De igual manera Sanxaena y Pandey (2001), en el Cuadro 3 muestran las especies que más se han usado y que se les ha visto mayor potencial en la producción de bioherbicidas.

Cuadro 3. Potenciales Fitotóxicas usadas como bioherbicidas.

| Microorganismo | Toxina | Maleza que ataca |
|--|------------------------------|--|
| <i>Alternaria alternata</i> Keissl | Ácido tenuazonico, tentoxin, | <i>Datura innoxia</i> Mill. y malezas de hojas anchas. |
| <i>Alternaria. alternata</i> f. sp. <i>Lycopersici</i> | AAL-toxin | Mastuerzo. |
| <i>Alternaria. zinniae</i> M.B. Ellis | Zinniol | Semillas de lechuga. |
| <i>Ascochyta hyalospora</i> Cooke & Ell. | Ascocitina, hialoprina. | Cenizo |
| <i>Bipolaris cynodontis</i> Marignoni. | Bipolaroxin | Hoja de tercipeo y cenizo. |
| <i>Fusarium</i> spp. | Ácido fusarico. | Amplio espectro |
| <i>Helminthosporium sativum</i> Pammel. | Prehelminthosporal | Zacate Johnson. |
| <i>Streptomyces hygroscopicus</i> Waksman.& Henrici. | Hydantocidina | Amplio espectro |
| <i>Streptomyces hygroscopicus</i> Waksman.& Henrici | Polyethrina A | Mastuerzo |
| <i>Pseudomonas syringae</i> Van Hall | Tabtoxina | Amplio espectro |
| <i>Scytonema hofmanni</i> | Cyanobacterina | <i>Lemna gibba</i> L. |

Fuente: Saxaena y Pandey, 2001.

***Chondrostereum purpureum* Pers y *Neonectria galligena* Bre**

Entre los ensayos que se han llevado a cabo, están el realizado por Gutiérrez (2006), quien obtuvo metabolitos secundarios de los hongos

fitopatógenos *Chondrostereum purpureum* Pers. y *Nectria galligena* Bre.; de estos dos microorganismos obtuvieron 14 metabolitos estos fueron: coletorina B; coletoclorina B; ilicicolina C; ilicicolina E; ilicicolina F; α,β -dehidrocurvularina; ácido condrosterpurico; sterepolido; dehidrosterepolido; 8-hidroxidihidrosterepolido; echinolactona A; 3-cloro-4-metoxifenil; 3-cloro-4-metoxibenzaldehido y 2,4-dicloro-3-metoxifenil. Posteriormente evaluó su efecto fitotóxico en *Lactuca sativa* L. y *Panicum millaceum* L.; entre los metabolitos aislados, la mayor actividad fitotóxica fue observada para α,β -dehidrocurvularina, inhibiendo significativamente la longitud de la radícula de *L. sativa*, así como la longitud del epicotíleo de plántulas de lechuga y mijo.

***Streptomyces hygroscopicus* Waksman & Henrici**

Otro ensayo llevado a cabo para probar metabolitos secundarios como bioherbicida fue realizado por Nakajima *et al.* (1991), ellos obtuvieron un metabolito llamado Hidantocidina extraído de *Streptomyces hygroscopicus* Waksman & Henrici ellos observaron que provocó lesiones en tallos y hojas de malezas anuales y perennes aproximadamente en un 80-100%, 14 días después de la aplicación a 500 ppm.

***Bacillus subtilis* Cohn y *Pseudomonas fluorescens* Migula**

De igual forma Martínez (2008), probó extractos crudos y sus fracciones Q negativas de las bacterias *Bacillus subtilis* Cohn y *Pseudomonas fluorescens* Migula como inhibidores de la germinación en quelite (*Amaranthus hybridus* L.); zacate Johnson (*Sorghum halepense* L.) y zacate bermuda (*Cynodon dactylon* L.). Esto lo realizó en pruebas de laboratorio y en pruebas de invernadero.

En las pruebas de laboratorio; en quelite la mayoría de los extractos y sus fracciones Q negativas inhibieron la germinación de las semillas en un 73% - 80%, en el zacate Johnson las fracciones Q negativas de los extractos de *Pseudomonas fluorescens* Cohn y *Bacillus subtilis* Migula fueron las que

tuvieron mayor porcentaje de inhibición con un porcentaje de 50% - 56%, para zacate bermuda la fracción Q negativa del extracto de *Pseudomona fluorescens* Cohn fue la que tuvo menos porcentaje de germinación con un 35%. Todo esto fue comparándolo con el testigo que fue a base de agar bacteriológico.

En la pruebas de invernadero; en quelite la fracción Q negativa del extracto de *Bacillus subtilis* Migula fue la que presentó menor porcentaje de germinación con un 9%, en zacate Johnson la fracción Q negativa del extracto de *Bacillus subtilis* Migula fue la que presentó menor porcentaje de germinación con un 30 %, y para zacate bermuda los extractos de *Bacillus subtilis* Migula y sus fracciones Q negativas, así como la fracción Q negativa del extracto de *Pseudomonas fluorescens* Cohn fueron los que presentaron menor porcentaje de germinación en un rango de 10 % - 30 %. Todo esto fue comparándolo con el testigo que fue suelo solamente esterilizado.

***Fusarium oxysporum* Schldl**

El *Fusarium oxysporum* Schldl es un hongo cosmopolita, parasita a más de 100 especies de plantas; se caracteriza por producir colonias de rápido crecimiento, la morfología de las colonias es muy variada y produce tres tipos de esporas: microconidias, macroconidias y clamidiesporas (Garces *et al.*, 2001).

El *Fusarium oxysporum* Schldl. ha sido objeto de estudios por su potencial uso como bioherbicida; se ha observado que logró controlar casi en un 100% a *Orobanche aegyptiaca* Pers. en campos de melón, también se observó que tuvo control sobre campos de marihuana ilícita en California (Douglas *et al.*, 1993).

***Erwinia amylovora* Burril**

La bacteria *Erwinia amylovora* Burril es la causante del llamado tizón del fuego, esta fue la primera bacteria que se demostró que era el agente causal de una enfermedad en plantas; se trata de un bacilo Gram negativo, anaerobio facultativo, de flagelación peritrica y con expolisacáridos formando cápsula; produce sustancias reductoras de sacarosa y forma colonias levaniformes (Palacio *et al.*, 2009).

Esta bacteria causa un daño importante a las plantas en especial al follaje, el síntoma más característico es el aspecto quemado de las hojas y brotes de las plantas afectadas, así como el secado de flores, el curvado de los brotes jóvenes en forma de cayado (Palacio *et al.*, 2009).

***Phytophthora capsici* Leonian**

Es un hongo omiceto que ataca los cultivos de pimiento principalmente y causa la marchitez del chile, aunque tiene la capacidad de estar en otros hospederos. Tiene un micelio muy ramificado, liso o con hinchamientos; esporangioforos simples o ramificados; oogonios esféricos o subesfericos, colonia de apariencia finamente radiada (Romero, 1993).

Este hongo es un hongo muy agresivo que ataca a cualquier parte de la planta y en cualquier estado de desarrollo; causa podredumbre del cuello con una subsiguiente marchitez brusca; en el cuello se puede observar una zona anular deprimida de color negro que afecta a los tejidos corticales y posteriormente a los vasculares, todo esto termina produciendo asfixia a la planta, todo esto se produce tan rápido, que las hojas se muestran colgantes pero conservando su color verde (Nuez *et al.*, 2003). Se ha usado en productos juntos con otros microorganismos para producir bioherbicidas comerciales como el Devine en Estados Unidos.

***Penicillium spp.* Link**

Son mohos comunes que se desarrollan en muchos sustratos y producen una gran cantidad de toxinas dentro de su metabolismo entre ellas están: el ácido ciclopiazónico, ácido penicílico, cicloclorotina, citroviridina, citrinina, griseofulvina, ocratoxina A, patulina y penitrem A. Este género se caracteriza por formar conidios en forma ramificada que terminan en células llamadas fialides; las hifas alcanzan un diámetro entre dos y tres micrómetros y tienen septos con un poro central que no es visible al microscopio óptico; las colonias son circulares con micelio blanco, aunque en algunas especies puede ser amarillo o naranja (Carrillo, 2003).

***Botrytis cinerea* De Bary**

Es un hongo necrotrófico, agente causal de la podredumbre gris, es capaz de afectar a más de 200 especies vegetales, se desarrolla bajo condiciones de elevada humedad relativa y temperaturas de 0°C a 25°C. El micelio se encuentra formado por un conjunto de hifas o filamentos tabicados y cilíndricos, se considera una estructura de resistencia y tienen la capacidad de vivir por largo tiempo en bulbos, semillas y partes vegetativa de las plantas (Alvarez, 2012).

Posee conidióforos largos, delgados de color café y ramificado, puntas de las ramas hinchadas y fértiles. Entre los efectos que causa en las plantas está el ahogamiento; pudrición de raíces, bulbos, tallos, frutos; tizón de flores y manchas en las hojas (Romero, 1993). Se han realizado pruebas para usarlo como bioherbicida especialmente combinándolo con otros microorganismos y otros compuestos (Esser y Bennett, 2002).

***Mycosphaerella fijensis* Morelet**

Es un hongo Ascomiceto que produce la Sigatoka negra en la planta de plátano; posee ascosporas que son globosas, con un septo, formando dos células unidas; las colonias crecen aproximadamente a los 14 días; el color de las colonias varía de gris oscuro a pálido llegando a tener un tono blanco rosado; y las colonias tienen forma circular (Manzo *et al.*, 2001).

Se han reportado diversos metabolitos secundarios obtenidos de extractos orgánicos de *Mycosphaerella fijensis* Morelet (Hoss *et al.*, 2000). En ensayos realizados por Cruz *et al.* (2009) encontraron que en extractos de *Mycosphaerella fijensis* Morelet se produjeron metabolitos secundarios lipofílicos e hidrofílicos, posteriormente fueron probados en hojas de plantas y observaron que estos metabolitos a diversas concentraciones causaron daño como clorosis o necrosis de las hojas.

***Rhizopus spp.* Ehrenb**

Es un género de hongos zigomicetos que viven en el suelo y por lo general se alimentan de materia vegetal o animal en descomposición; ataca varios frutos y hortalizas. El micelio aéreo forma estolones arqueados; produce rizoides; y esporangios foros delgados, erectos o algo encorvados; las esporangiosporas son globosas a ovales (Romero, 1993).

En plantas como el girasol causa la enfermedad de la cabeza podrida, ya que en las flores de la planta degrada la pectina con la enzima pectinasa, posteriormente sigue por los tejidos internos y degrada las paredes celulares con la enzima celulasa la cual destruye la célula entera; lo que causa que el tejido quede completamente blando. Una vez destruidos todos los tejidos se reproduce y empieza a generar esporangios y estolones (Yildirim *et al.*, 2010).

***Colletotrichum gloeosporoides* Penz**

El hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. es el agente causal de la enfermedad conocida como antracnosis y de una diversidad de daños y síntomas en diferentes frutales tropicales y subtropicales, y afecta diferentes órganos vegetales de la planta. El color de la colonia es mayormente lila aunque puede presentar colonias de color gris; las colonias son cilíndricas con un extremo redondeado y el otro agudo, y un tamaño que varía entre 7-8 micras y 3-4 micras de ancho (Perez *et al.*, 2003).

Los daños que causa en las plantas puede ser en la hojas; apareciendo pequeñas manchas oscuras cafés rodeadas de un halo clorótico que pueden coalescer para formar lesiones irregulares, el centro de las lesiones muchas veces se seca y se desprende ocasionando perforaciones en las hojas; en las flores ocasiona manchas cafés y la caída prematura de estas; y en los frutos ocasiona la caída de hasta el 90% de todos los frutos (INIFAP, 2004).

Este hongo ha sido uno de los más estudiados como potencial bioherbicida incluso se han formulado bioherbicidas comerciales como el COLLEGO y el BIOMAL (Sánchez, 1999). De igual forma se han realizado varios estudios que permiten observar que este hongo es una buena opción para la creación de bioherbicidas como los realizados por Makowski (1993) que observó el efecto del hongo en la maleza conocida como malva bajo diferentes condiciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del Sitio Experimental

El presente trabajo se realizó en el Centro de Microbiología Aplicada (CEMAP) de la empresa GreenCorp Biorganiks S.A. de C.V., ubicado al Norte de la Ciudad de Saltillo, Coahuila de Zaragoza.

Materiales Usados

Para el presente trabajo se usaron los siguientes materiales:

- Macetas de unicel de 2 litros.
- Peatmoss y tierra para macetas.
- Cepas de microorganismos.
- Medios de cultivo M1.
- Medio de cultivo PDA.
- Medio de cultivo KB.
- Microscopio óptico.
- Incubadora.
- Shakers.
- Matraces.
- Filtro millipore.
- Papel filtro millipore.
- Embudo buchner.
- Matraz kitasato.
- Bomba de vacío.
- Cámaras de flujo laminar.
- Micropipetas.
- Potenciómetro.
- Estufa de secado.
- Adherente kaktus-AD.

- Guiche de lechuguilla.
- Extracto acuoso de *Yucca schidigera* Roezl.
- Ácido fulvico.
- Plantas de frijol.
- Plantas de sorgo.
- Agua destilada
- Balanza analítica.
- Cinta métrica.

Tratamientos

| No. | Contenido | Concentración (ml en 200 ml de agua) |
|-----|--|--|
| 1 | Extractos de <i>Fusarium oxysporum</i> + <i>Erwinia amylovora</i> + <i>Phytophthora capsici</i> + <i>Penicillium</i> spp | 2 |
| 2 | Extractos de <i>Fusarium oxysporum</i> + <i>Erwinia amylovora</i> + <i>Phytophthora capsici</i> + <i>Penicillium</i> spp | 4 |
| 3 | Extractos de <i>Fusarium oxysporum</i> + <i>Erwinia amylovora</i> + <i>Phytophthora capsici</i> + <i>Botrytis cinérea</i> + <i>Mycosphaerella fijensis</i> | 2 |
| 4 | Extractos de <i>Fusarium oxysporum</i> + <i>Erwinia amylovora</i> + <i>Phytophthora capsici</i> + <i>Botrytis cinérea</i> + <i>Mycosphaerella fijensis</i> | 4 |
| 5 | Extractos de <i>Fusarium oxysporum</i> + <i>Erwinia amylovora</i> + <i>Rhizopus</i> spp + <i>Colletotrichum gloesporoides</i> | 2 |
| 6 | Extractos de <i>Fusarium oxysporum</i> + <i>Erwinia amylovora</i> + <i>Rhizopus</i> spp + <i>Colletotrichum gloesporoides</i> | 4 |
| 7 | Herbicida orgánico formulado por la empresa | 2 |
| 8 | Herbicida orgánico formulado por la empresa | 4 |
| 9 | Herbicida postemergente comercial (Paraquat) | 2 |
| 10 | Testigo absoluto. | 4 |

Plantas Indicadoras

Se utilizaron los cultivos de frijol y de sorgo como plantas indicadoras para medir el efecto de los tratamientos, para simular maleza de hoja ancha y

angosta, debido a la dificultad de homogenizar la germinación de las malezas en el laboratorio.

Diseño Experimental

El diseño usado fue un diseño completamente al azar con 10 tratamientos y cuatro repeticiones.

Obtención de Extractos

La obtención de los extractos de microorganismos se llevó a cabo en Mayo del 2013. Se usaron cepas de microorganismos del CEMAP. Los microorganismos se sembraron en medio de cultivo M1 (2.5 de licor de maíz; 1.19 de KH_2PO_4 ; 0.3 de NH_4NO_3 ; 0.35 de KCL y 0.71 de Na_2HPO_4)

Se prepararon 500 ml de medio M1 en matraces de 1.0 L; posteriormente se esterilizó el medio en autoclave vertical durante 15 min, a un pH de 5.5.

Para la inoculación se usó una cámara de flujo laminar, mechero bunsen, sacabocados y asa de platino. Se tomó un matrás con medio de cultivo M1; posteriormente para los hongos se usó un sacabocados y se colocó un explante en el matrás con medio de cultivo. Y para la bacteria se usó un asa de platino y se colocó una asada de la bacteria en el medio de cultivo.

Ya inoculados, los medios se colocaron en un shaker a 30°C y a 130 RPM, durante cinco días, hasta que se observó crecimiento de los microorganismos. Una vez que se observó el desarrollo de los microorganismos en el medio se procedió a usar un matrás kitasato conectado a una bomba de vacío, y un embudo Buchner; para separar la biomasa del extracto. Finalmente cada extracto ya sin biomasa se centrifugó durante 15 minutos a 4500 RPM a una temperatura de 5°C (Evidente *et al.*, 2008).

Filtrados celulares de extractos

La filtración de los extractos de microorganismos se realizó durante el mes de Junio del 2013. Para esto se tomaron los extractos de hongos y bacterias previamente centrifugados

Cada extracto libre de biomasa se filtró usando un filtro millipore con papel filtro millipore junto a un matríz kitasato; todo esto conectado a una bomba de vacío. Todo se realizó dentro de la cámara de flujo laminar y con mechero de bunsen. Una vez conectado todo el equipo se pasaron los extractos a través de los filtros y el papel filtro millipore se encargó de retener las células presentes; una vez que los extractos libres de células se encontraron en el matríz kitasato; estos se colocaron en un frasco previamente esterilizado para su conservación en un refrigerador a 2 C (Evidente *et al.*, 2008)

En el caso del extracto de la bacteria *Erwinia amylovora*, no se pudo realizar la filtración con el equipo ya que el tamaño de la bacteria es mucho más chica que el diámetro poro del filtro millipore. Para lograr el extracto libre de células de esta bacteria se utilizó luz ultravioleta de la cámara de flujo laminar durante 30 min.

Una vez que se tuvieron todos los extractos, se realizaron pruebas para asegurarse que estaban completamente libres de microorganismos. Para esto se usó medio de cultivo PDA, en estos se sembraron con asas de platino los extractos ya filtrados; se colocaron en una incubadora; los hongos durante una semana y la bacteria durante 2 días, al final se observó que no hubiera crecimiento de ningún microorganismo.

Preparación de concentrado para tratamientos con extractos de microorganismos

Se llevó a cabo el 28 de Junio del 2013, una vez que se comprobó que los extractos estaban libres de células se procedió a preparar los concentrados para los tratamientos que estarían formulados a base de microorganismos; para esto se usaron micropipetas de un mililitro.

Para los tratamientos T1 y T2 se tomó 1.0 ml de extractos de *Fusarium oxysporum*, *Erwinia amylovora*, *Phytophthora capsici* y *Penicillium* spp. Para los tratamientos T3 y T4 se tomó un mililitro de extracto de *Fusarium oxysporum*, *Erwinia amylovora*, *Phytophthora capsici*, *Botrytis cinerea* y *Mycosphaerella fijensis*. Para los tratamientos T5 y T6 se tomó 1.0 ml de extracto de *Fusarium oxysporum*, *Erwinia amylovora*, *Rhizopus* spp y *Colletotrichum gloesporoides*.

Después de agregar los extractos de cada microorganismo se le agregó a todos los tratamientos 5.0 ml de ácido fulvico, 3.0 ml de guiche de lechuguilla y 5 ml de *Yucca schidigera*; y finalmente se aforó a 100 ml con agua destilada. De esta forma fue como se tuvo listo el concentrado para después diluirlo para su aplicación.

Medición de PH

El 29 de Junio del 2013 se realizó la medición de pH., una vez preparados los concentrados que se usarían para tratamientos se procedió a realizar la medición del pH.; para esto se usó un potenciómetro y se cuidó que todos los tratamientos tuvieran un pH. entre 4 y 5. De esta forma se observó que los tratamientos 1 y 2 tuvieron un pH. de 4.20; los tratamientos 3 y 4 un pH. de 4.16; y los tratamientos 5 y 6 un pH de 4.14.

Establecimiento de los Ensayos

Para este trabajo se realizaron cuatro ensayos, los cuales fueron:

- Ensayo 1. Plantas de sorgo en tamaño de 5 a 10 cm. Se estableció el día 31 de Junio del 2013.
- Ensayo 2. Plantas de sorgo en tamaño de 10 a 15 cm. Se estableció el día 11 de Julio del 2013.
- Ensayo 3. Plantas de frijol en tamaño de 5 a 10 cm. Se estableció el día 29 de Julio del 2013.
- Ensayo 4. Plantas de frijol en tamaño de 10 a 15 cm. Se estableció el día 17 de Agosto.

Preparación de macetas

Para cada uno de los ensayos se prepararon las macetas según la metodología de Rojas y Gamez (2002). Se mezcló 50% de peatmoss con 50% de tierra para macetas, y posteriormente se procedió a esterilizar la tierra en una autoclave vertical. Una vez listo el sustrato se llenó 40 macetas de unicel de 2 litros, a tres cuartas partes aproximadamente, y a cada maceta se le colocaron 10 semillas. Una vez llenas las macetas con las semillas ya sembradas se colocaron en un diseño completamente al azar. El riego fue cada tres días.

Aplicación de los tratamientos

Una vez que se alcanzó la altura deseada para cada ensayo se procedió a aplicar los tratamientos de la siguiente forma:

- Ensayo 1. Plantas de sorgo en tamaño de 5 a 10 cm. Se aplicaron el día 4 de Julio del 2013.
- Ensayo 2. Plantas de sorgo en tamaño de 10 a 15 cm. Se aplicaron el día 18 de Julio del 2013.

- Ensayo 3. Plantas de frijol en tamaño de 5 a 10 cm. Se aplicaron el día 3 de Agosto del 2013.
- Ensayo 4. Plantas de frijol en tamaño de 10 a 15 cm. Se aplicaron el día 23 de Agosto del 2013.

Para la aplicación de los tratamientos se usaron aspersores de 200 mililitros. Cada tratamiento se diluyó de la siguiente forma:

T1= 2 ml del concentrado en 200 ml de agua.

T2= 4 ml del concentrado en 200 ml de agua.

T3= 2 ml del concentrado en 200 ml de agua.

T4= 4 ml del concentrado en 200 ml de agua.

T5= 2 ml del concentrado en 200 ml de agua.

T6= 4 ml del concentrado en 200 ml de agua.

T7= 2 ml del concentrado en 200 ml de agua.

T8= 4 ml del concentrado en 200 ml de agua.

T9= 2 ml del herbicida químico en 200 ml de agua.

T10= Testigo con pura agua.

Una vez que se tuvo preparado cada tratamiento se tomó cada maceta por separado y se aplicó el tratamiento correspondiente, para esto se mojaron todas las plantas de las macetas hasta que quedaran completamente empapadas del tratamiento.

Variables de Respuesta

Se midieron tres variables para lograr observar que tan eficaces fueron los tratamientos usados. Las variables medidas en este ensayo fueron:

- Daño foliar. Se evaluó el daño promedio que produjo cada tratamiento en los tejidos de las hojas de cada maceta.
- Altura de planta. Se evaluó el promedio de altura de todas las plantas de cada maceta

- Peso seco de planta. Se evaluó el promedio de peso seco de todas las plantas de cada maceta

Toma de datos

Los datos para cada ensayo fueron tomados en cuatro evaluaciones, estas se realizaron a los 3, 5, 10 y 15 días después de la aplicación. Los datos para cada variable se tomaron de la siguiente forma:

- Daño foliar. Se usó una escala de 0 a 100, significando 0 ninguna daño y 100 daño total o muerte de la planta; esta toma de datos se realizó a criterio observando que tanto daño presentaban las plantas.
- Altura de planta. Se usó una cinta métrica y se midió toda la planta.
- Peso seco. Este se realizó al final del cada ensayo, para esto se quitaron las plantas y se colocaron en una estufa de secado durante 3 días. Una vez que estuvieron secas se pesaron en una balanza analítica.

Metodología del Análisis

El daño fue evaluado por las pruebas de rango de Freedman; y la altura y peso seco fue mediante análisis de varianza utilizando el programa estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

RESULTADOS

Resultados de Sorgo en Altura de 5 a 10 cm

Daño foliar

En la Figura 2 se observan los resultados del daño foliar en plantas de sorgo. En todas las evaluaciones se observó que todos los tratamientos orgánicos causaron daño a las plantas entre 1.25 % y 17.7 %, en tanto el tratamiento químico presento daño del 100% sobre las plantas. Los porcentajes más altos de daño foliar de 11.7 %, 15.0 %, 17.7 % y 17.7 % en las plantas se observaron con el tratamiento 8 en todas las evaluaciones. Los análisis estadísticos por rangos de Friedman, mostraron diferencia significativa únicamente con el testigo químico en todas las evaluaciones.

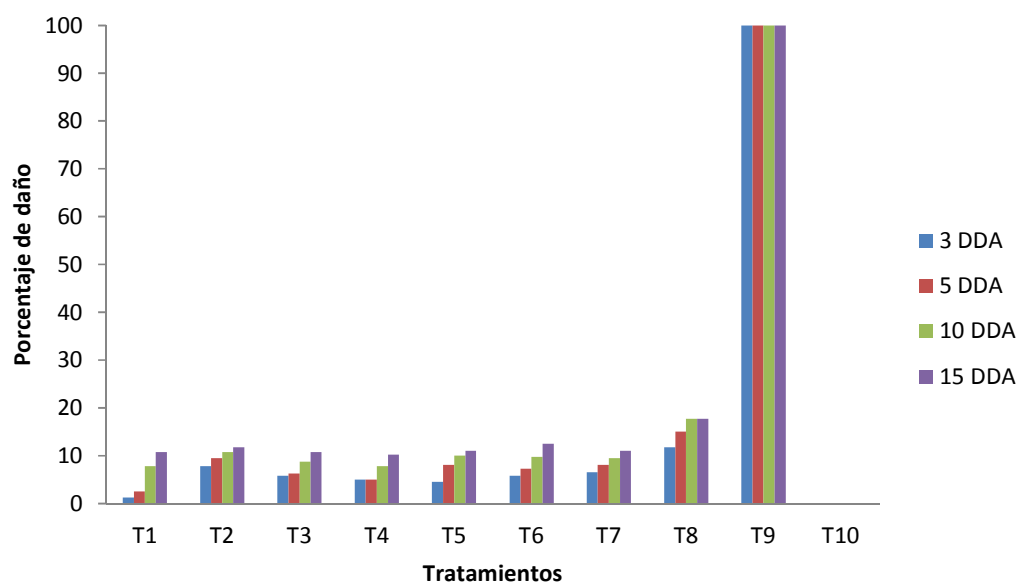


Figura 2. Porcentaje de daño (EWRC) por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de sorgo como planta indicadora, en altura de 5-10 cm, en cuatro fechas de muestreo.

Altura de planta

En la Figura 3 se observan los resultados de la variable altura en plantas de sorgo al aplicar los tratamientos en alturas de 5-10 cm. Se observa que el tratamiento químico afectó el crecimiento de las plantas, evitando que sigan creciendo. El tratamiento orgánico que causó mayor efecto en la altura de las plantas fue el 1 con 8.79 cm, seguido por el 5 con 12.42 cm, el 6 con 21.57 cm y el 1 de nuevo con 25.27 cm; en la primera, segunda, tercera y cuarta evaluación respectivamente. Se observó mediante los análisis estadísticos que en todas las evaluaciones existieron diferencias altamente significativas.

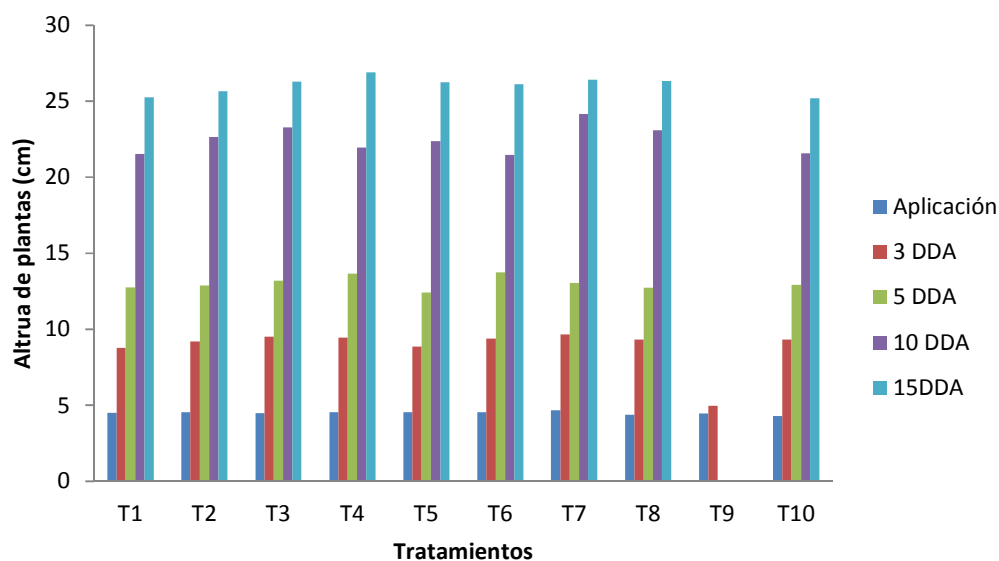


Figura 3. Altura de plantas por tratamientos postemergente aplicados sobre plantas de sorgo como planta indicadora, en altura de 5-10 cm.

Peso seco

Los resultados del peso seco en plantas de sorgo de 5-10 cm de altura se observó en la Figura 4, estos se expresan en gramos, se observó que el tratamiento orgánico que causó menor peso seco fue el tratamiento 6 con 0.31 g. El análisis estadístico mostró que hubo una diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

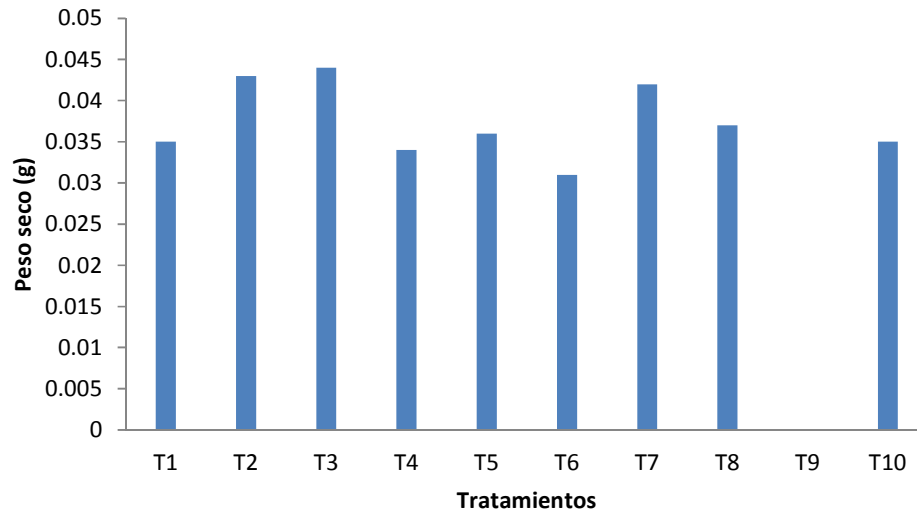


Figura 4. Peso seco de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre sorgo como planta indicadora, en altura de 5-10 cm.

Resultados de Sorgo en Altura de 10 a 15 cm

Daño Foliar

En la Figura 5 se observan los resultados del daño foliar a plantas de sorgo con alturas de 10-15 cm. En todos los tratamientos se observó daño sobre las hojas de las plantas, este daño osciló de 0.50 % a 18.7 %. En tanto el tratamiento químico tuvo un porcentaje del 100 % en todas las evaluaciones. Los porcentajes más significativos de daño foliar se observaron en los tratamientos 2, 4 y 8 en la cuarta evaluación con 15.5 %, 13.7 % y 18.7 % respectivamente. En este ensayo se observó que el daño tuvo tendencia a aumentar conforme pasaban los días. Los análisis de datos por rango de Friedman no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos orgánicos, solamente con el tratamiento químico.

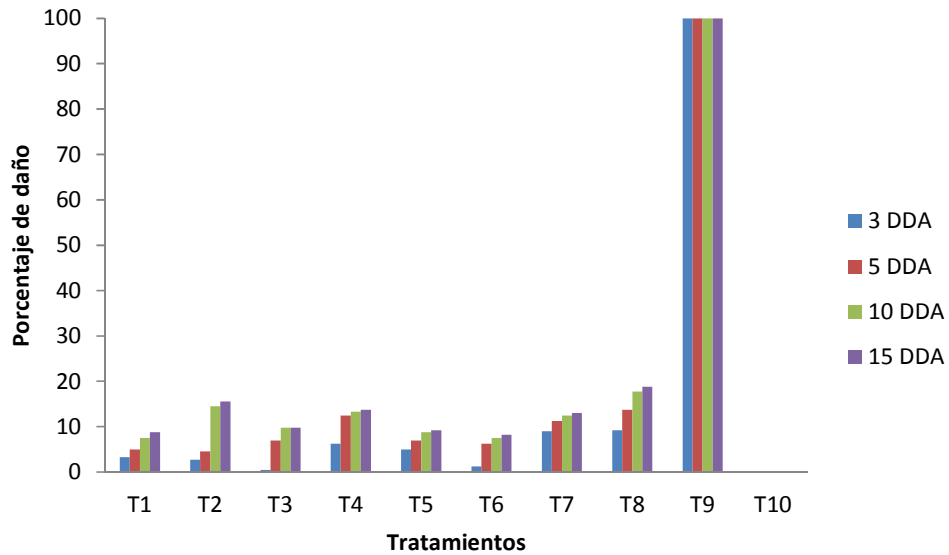


Figura 5. Porcentaje de daño (EWRC) por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de sorgo como planta indicadora, en altura de 10-15 cm, en cuatro fechas de muestreo.

Altura de planta

Los resultados de la variable altura de planta de sorgo de 10-15cm se observan en la Figura 6. El tratamiento químico mostró el menor crecimiento. En cuanto a los tratamientos orgánicos, el que presentó mayor efecto sobre las plantas, ocasionando menor crecimiento fue el 7, durante la primera y segunda evaluación con 11.50 cm y 12.70 cm respectivamente, posteriormente en la tercera evaluación el que causó menor crecimiento en las plantas fue el 4 con 16.75 cm y ya en la cuarta evaluación el que ocasionó menor crecimiento fue el 2 con 20.65cm. Los análisis estadísticos mostraron diferencias entre los tratamientos en la primera y segunda evaluación a nivel de 0.05, y en la tercera y cuarta se observó una diferencia altamente significativa a nivel de 0.01.

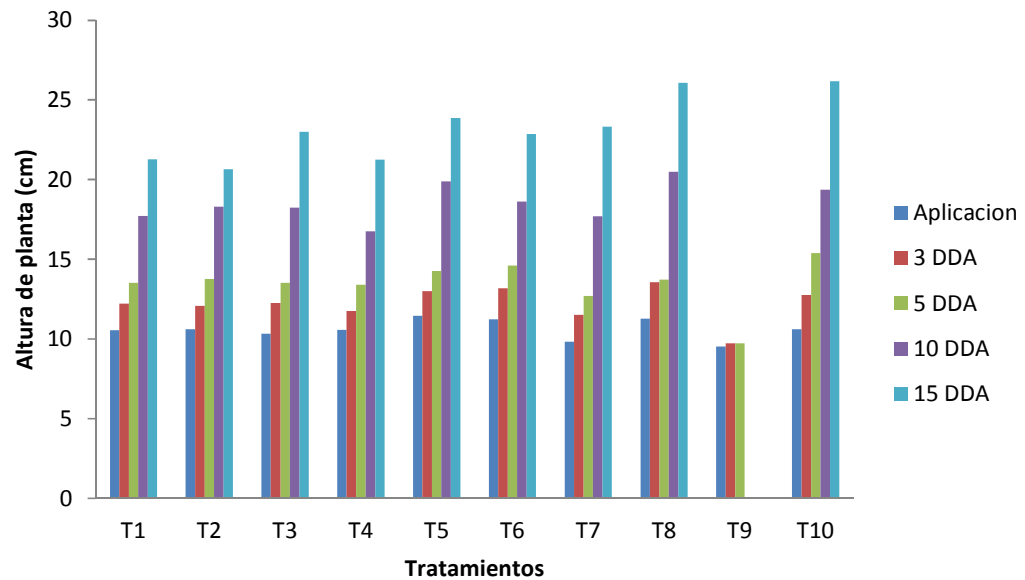


Figura 6. Altura de plantas por tratamientos postemergente aplicados sobre plantas de sorgo como planta indicadora, en altura de 10-15 cm.

Peso seco

Los resultados del peso seco en plantas de sorgo de 10-15 cm de altura se observan en la Figura 7, el tratamiento orgánico que ocasionó menor peso seco en las plantas fue el 2. El análisis estadístico mostró que existe diferencia altamente significativa entre todos los tratamientos.

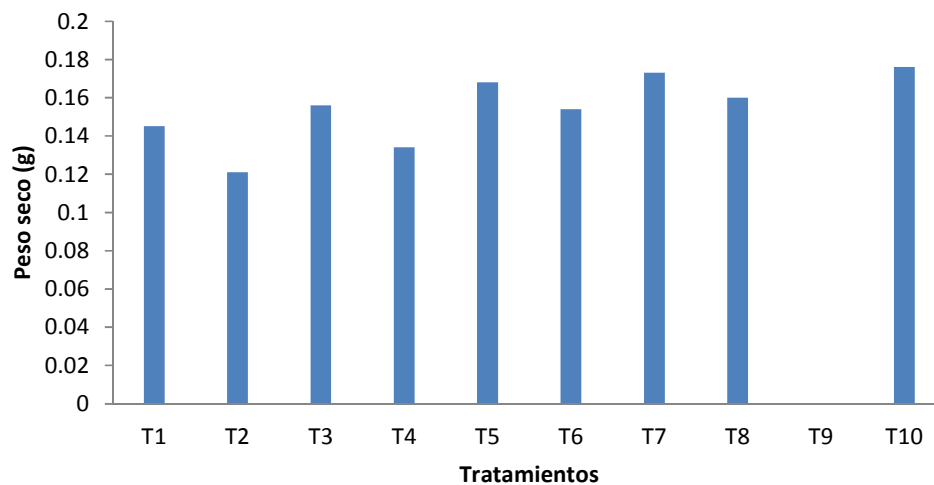


Figura 7. Peso seco de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre sorgo como planta indicadora, en altura de 10-15 cm.

Resultados de Frijol en Altura de 5 a 10 cm

Daño foliar

En la Figura 8 se observan los resultados del daño foliar causado en plantas de frijol aplicado de 5-10 cm de altura. Los resultados se expresan en porcentaje de daño en relación al testigo químico y al testigo absoluto. El daño a las plantas se observó en todas las evaluaciones; oscilo entre 7.75% y 17.5 % en los tratamientos orgánicos, en tanto que para el tratamiento químico se observó un daño de 97.7 %. Los tratamientos orgánicos que causaron mayor daño foliar fueron el 5 en la primera, segunda y tercera evaluación con 16.5 %, 17.5 % y 16.5 % respectivamente, y el tratamiento 8 en la cuarta evaluación con 11.7 %. Se observó que el mayor daño fue en la segunda evaluación, y en la tercera y cuarta empezó a descender. Los análisis estadísticos por rango de Friedman mostro diferencia significativa únicamente con el testigo químico.

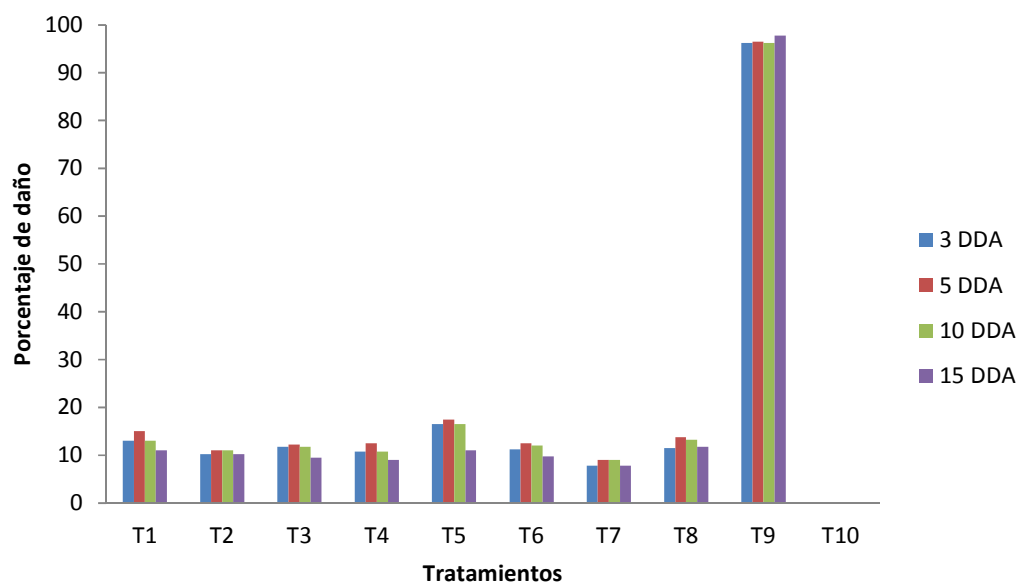


Figura 8. Porcentaje de daño (EWRC) por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de frijol como planta indicadora, en altura de 5-10 cm, en cuatro fechas de muestreo.

Altura de planta

En la Figura 9 se observan los resultados de la altura en plantas de frijol de 5-10 cm. En todas las evaluaciones el testigo químico fue el que presento la menor altura. En tanto que en los tratamientos orgánicos, los tratamiento 8, 5, 7 y 1, mostraron 15.35 cm, 17.54 cm, 28.07 cm, y 29.04 cm, en la primera, segunda, tercera y cuarta evaluación respectivamente. Los análisis estadísticos mostraron que en todas las evaluaciones hubo una diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

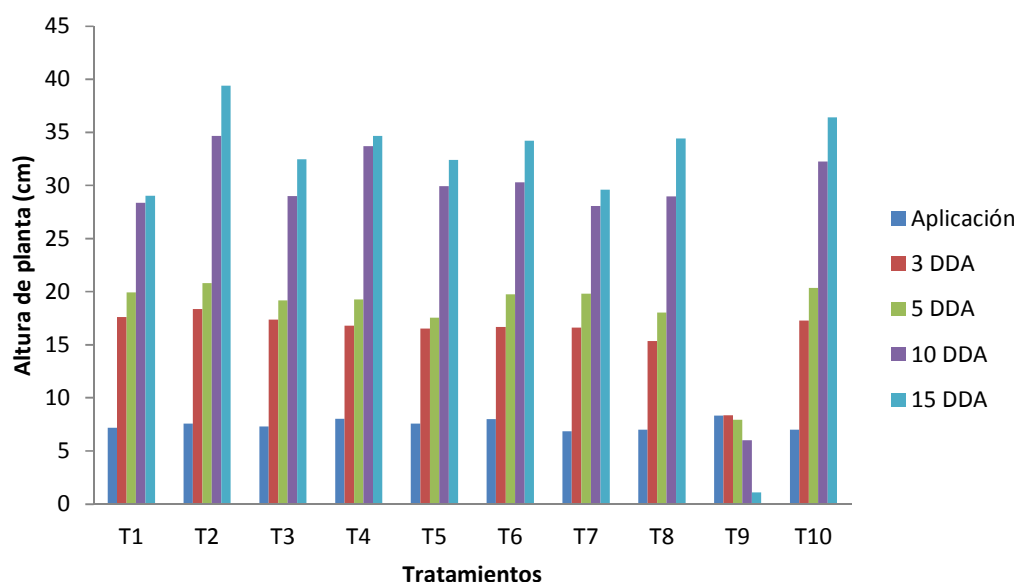


Figura 9. Altura de plantas por tratamientos postemergente aplicados sobre plantas de frijol como planta indicadora, en altura de 5-10 cm.

Peso seco

Los resultados de la variable peso seco se observan en la Figura 10, estos fueron medidos en gramos. Se observó que el tratamiento orgánico que ocasiono menor peso seco fue el 2 con 0.252 g. El análisis estadístico demostró que existió una diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

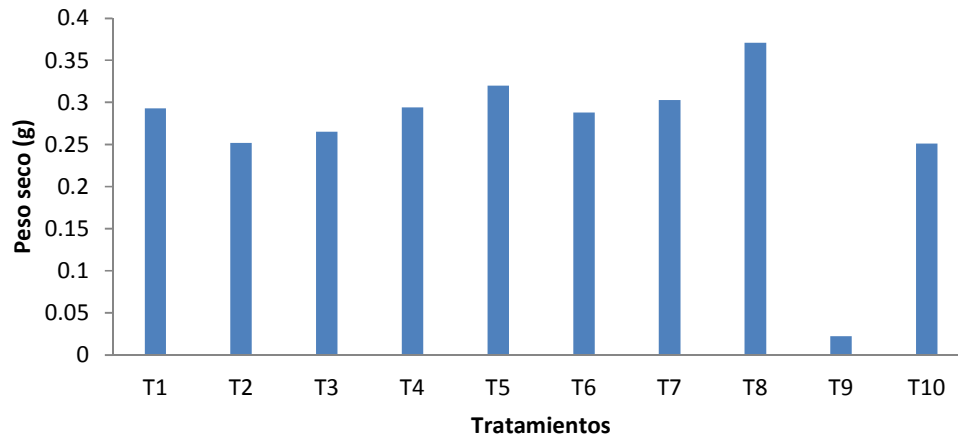


Figura 10. Peso seco de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre frijol como planta indicadora, en altura de 5-10 cm.

Resultados de Frijol en Altura de 10 a 15 cm

Daño foliar

En la Figura 11 se observan los resultados de daño foliar en plantas de frijol como planta indicadora con una altura de 10 a 15 cm. Los resultados se expresan en porcentaje de daño foliar en relación al testigo absoluto y al testigo químico. En todas las fechas de evaluación se observó daño foliar en todos los tratamientos que fluctuaron de 3.5 % hasta 21 %, en tanto que con el tratamiento químico se observó un 95 % de daño foliar. Los porcentajes más altos de daño foliar se observaron con el tratamiento 3 en la primera evaluación, con el tratamiento 7 en la segunda evaluación y con el tratamiento 8 en la tercera evaluación manteniéndose esta última en la cuarta y última evaluación con 16.7 %. En este ensayo se observó que el daño foliar fue mayor las dos primeras evaluaciones y empezó a disminuir en las dos últimas. Los análisis estadísticos por rango de Friedman mostraron diferencia significativa únicamente con el testigo químico.

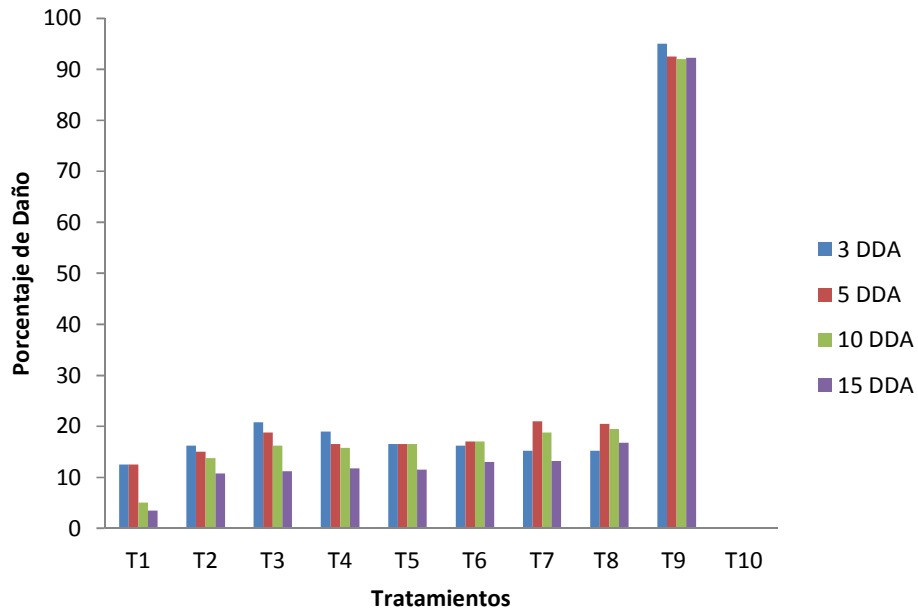


Figura 11. Porcentaje de daño (EWRC) por tratamientos postemergentes aplicados sobre plantas de frijol como planta indicadora, en altura de 10-15 cm, en cuatro fechas de muestreo.

Altura de planta

En la Figura 12 se observan los resultados de la variable altura de planta de las evaluaciones realizadas en el ensayo con filtrados celulares sobre plantas de frijol con altura de 10-15 cm. Estos resultados fueron medidos en centímetros y en general se observó que en todas las evaluaciones el testigo químico fue el que presentó menor altura, en cuanto a los tratamientos orgánicos se observó que en la primera evaluación el tratamiento 4 fue el que causó menor altura con 14.25 cm, sin embargo ya en la segunda, tercera y cuarta evaluación el tratamiento 3 fue el que presentó una altura menor con 28.42 cm al final del ensayo. Los análisis estadísticos mostraron que durante la primera evaluación no existió una diferencia significativa, mientras que en la segunda, tercera y cuarta evaluación se observó diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

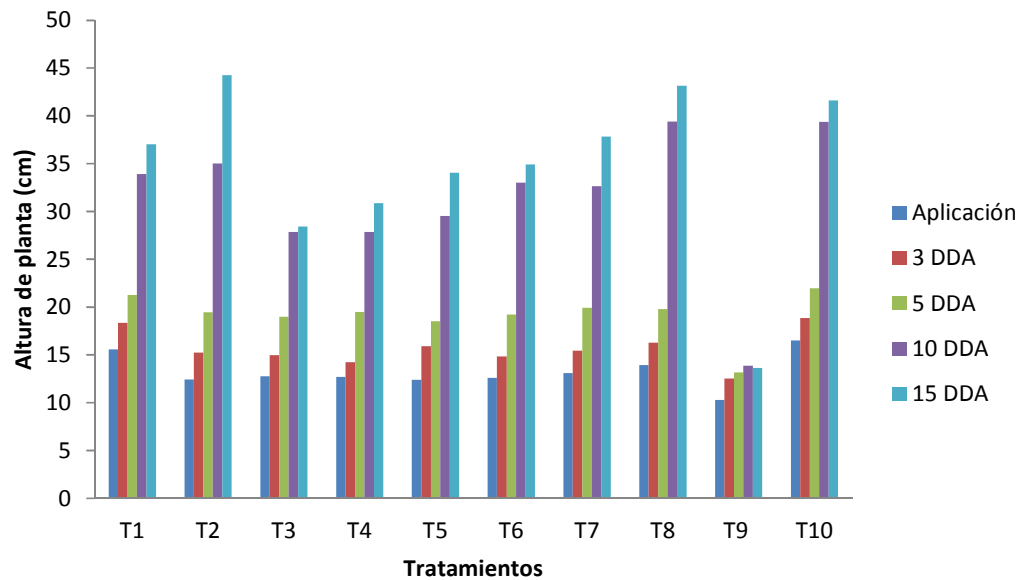


Figura 12. Altura de plantas por tratamientos postemergente aplicados sobre plantas de frijol como planta indicadora, en altura de 10-15 cm.

Peso Seco

Los resultados de la variable peso seco del ensayo en plantas de frijol de 10-15 cm se observan en la Figura 13, estos fueron medidos en gramos. Se observó que el tratamiento orgánico que ocasiono menor peso seco fue el tratamiento 3 con 0.291 g. Los análisis estadísticos mostraron que existió una diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

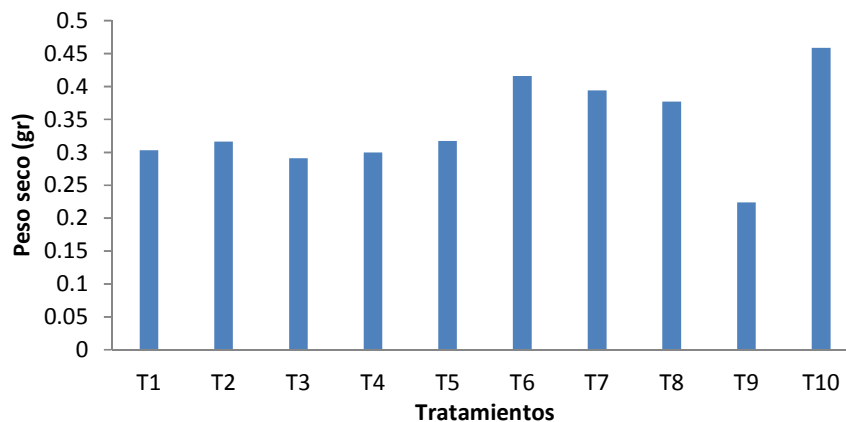


Figura 13. Peso seco de plantas por tratamientos postemergentes aplicados sobre frijol como planta indicadora, en altura de 10-15 cm.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que existen amplias posibilidades de éxito para el control de maleza con la utilización de metabolitos secundarios de organismos fitopatógenos, pues aunque nuestros resultados no son concluyentes, muestran claras tendencias en las variables de respuesta, pues en cuanto al daño foliar aunque no se observaron diferencias entre tratamientos orgánicos si se observan claros síntomas de fitotoxicidad, al respecto Abbas *et al.* (2013), observaron distintos niveles de toxicidad por triocenos producidos por metabolitos de *Fusarium* spp, en la planta acuática *Lemna pausicosta*; la toxicidad se dio por a) liberación de electrolitos, b) inhibición del crecimiento y, c) decoloración de las hojas por reducción de los contenidos de clorofila. En otro trabajo Abbas, *et al.* (1995), evaluaron fitotoxinas de *Fusarium moniliforme*, *Fusarium semitectum*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria crassa* y *Cephalosporium* spp, y observaron fitotoxicidad del 85% al 100% después de dos semanas en aplicaciones sobre la maleza *Datura stramonium*.

Otros autores como Ortiz y Williams (2006), observaron fitotoxicidad en 80% y 100% para *Amarathus albus* y *Amaranthus blitoides*, respectivamente utilizando extractos de *Phomopsis amaranthicola* y *Microsphaeropsis amaranthi*, aplicados de 14 a 15 días después de la germinación, a su vez Kroschel y Elzein (2004), aislaron Fumonisina B1 de *Fusarium nigamay* y evaluaron su potencial herbicida en diferentes concentraciones contra *Striga hermonthica* y *Striga asiatica* y observaron disminución de la germinación, marchitamiento y tallos secos.

En cuanto al efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, se observaron diferencias significativas en relación al testigo aunque no existió consistencia en los tratamientos, al respecto Mingzhing *et al.* (2007), evaluaron una fitotóxina de *Xanthomonas campestris* spv. *retroflexus* para el control de *Amarathus retroflexus* y observaron una fuerte inhibición en el crecimiento de la maleza; al respecto Babu *et al.* (2003), observaron

reducción en la altura de *Eichhornia crassipes*, *Ecliptia alba* y *Nelumbo nucifera* con el uso de metabolitos de *Alternaria alternata*.

En cuanto a la reducción de la producción de biomasa, en el presente trabajo se observaron diferencias significativas entre tratamientos y se observó cierta consistencia puesto que los tratamientos 2 y 3 mostraron los mayores valores, al respecto Vesonder *et al.* (1992), estudiaron los efectos fitotóxicos e inhibitorios de toxinas de *Fusarium* sobre *Lemna minor*, y observaron disminución del crecimiento y de síntesis de clorofila de 16% a 53% y de 54% a 59% con fumonisina B1 y moniliformina respectivamente, y por lo tanto una menor producción de biomasa en tanto que Scheepens *et al.* (1997), observaron que con aplicaciones postemergentes de metabolitos de *Ascochyta caulina* se redujo la biomasa de la malezas y causó necrosis en la mismas.

Sobre la reducción de la producción de biomasa Anderson y Halest (2004), investigaron el potencial de metabolitos de *Myrothecium verrucaria* y observaron cierta tolerancia de ciertas especies monocotiledóneas, pero una reducción de hasta 95% en la biomasa de especies susceptibles y Abbas, *et al.* (1995), observaron una reducción de hasta 75% de biomasa en *Datura stramonium* por fitotoxinas de varias especies de *Fusarium*, *Alternaria* y *Cephalosporium*.

Al respecto del uso de productos secundarios de hongos o bacterias, Li *et al.* (2003), compararon las ventajas del uso de los derivados de hongos y bacterias y concluyeron que las bacterias tienen algunas características ventajosas como el período corto de crecimiento, la técnica fermentación sencilla, y un proceso de producción fácil de controlar, además las bacterias pueden producir metabolitos secundarios a diferencia de las esporas de hongos, que necesitan condiciones estrictas para acción como herbicidas y sus residuos son fácilmente degradados.

CONCLUSIONES

Se observó ligera fitotoxicidad en las dos plantas indicadoras en las dos épocas de aplicación, sin embargo no existió diferencia significativa entre tratamientos.

En tanto en sorgo no se observó diferencias entre la fitotoxicidad en las dos épocas de aplicación, se observó mayor fitotoxicidad en las plantas de frijol en las aplicaciones de 10-15 cm.

Ningún tratamiento mostró consistencia en la reducción del crecimiento en las dos plantas indicadoras en las dos fechas de aplicación, aun cuando se observó diferencia significativa entre ellas, sin embargo se observó que en la aplicación de 5-10 cm. Tanto el sorgo como el frijol presentaron menor desarrollo.

La producción de biomasa en las dos plantas indicadoras fue más afectada en la aplicación 10-15 cm. Por los tratamientos 2 y 3, en sorgo y frijol respectivamente.

Existen posibilidades de determinar tratamientos de control postemergente de maleza en base a metabolitos secundarios de fitopatógenos, para lo que será necesario seguir explorando otros fitopatógenos, nuevas formulaciones y quizá otras mezclas de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbas, H.K., Yoshizawa, T. and W.T. Shier. 2013. Cytotoxicity and phytotoxicity of trichothecene mycotoxins produced by *Fusarium* spp. *Toxicon*. 74: 68-75
- Abbas, H.K., Boyette, C.D., and R. E. Hoagland. 1995. Phytotoxicity of *Fusarium*, other fungal isolates, and of the phytotoxins fumonisin, fusaric acid, and moniliformin to jimsonweed. *Phytoprotection*. 76 (1) 17-25.
- Anderson, K.I. and S. G. Hallett. 2004. Herbicidal spectrum and activity of *Myrothecium verrucaria*. *Weed Science*. 52:623–627.
- Anderson, W. P. 1977. *Weed Science Principles*. Editorial West Publishing Company. USA. 598 pp.
- Ayres, P. and N. Paul; 1990. Wedding with fungi. *New scient*s. 1: 36-39.
- Alvarez-Gomez, T.B. 2012. Biocontrol de *Botrytis cinerea* a partir de extractos fenólicos de fresa. Instituto Politecnico Nacional Unidad Michoacán. Tesis de Maestría. 72 pp.
- Babu, R. M., Sajeena, A. and K. Seetharaman. 2003. Bioassay of the potentiality of *Alternaria alternata* (Fr.) keissler as a bioherbicide to control water hyacinth and other aquatic weeds. *Crop Protection*. 22 : 1005–1013
- Carrillo, L. 2003. *Los Hongos de los alimentos y forrajes*. Editorial Universidad Nacional de Salta. Argentina. 126 pp.
- Crafts, A. S. 1975. *Modern Weed Control*. Editorial University of California Press. USA. 440 pp.

- Cutler, H.G. 1990. Satellite metabolites and synthetic derivatives of abscisic acid as potential microbial products herbicides. Editorial ACS Series. USA. 439 pp.
- Cobb, A. 1992. Herbicides and Plant Physiology. Editorial Chapman and Hall .Inglaterra.166 pp.
- CESAVEG. 2007. Campaña de Manejo Fitosanitario de Trigo, Manejo Integrado de Plagas. Septiembre 25 del 2013. Disponible en http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto_07/folleto_malezas_07.pdf
- Chiclana, C.F., Enrique A. y A. E. Consolini. 2009. Actividad Antiinflamatoria Local de *Malva sylvestris* L. (Malvaceae) en el Edema Inducido por Carragenina en Ratas. *Latin American Journal of Pharmacy*. 28(2): 275-278.
- Cruz-Cruz, C.A., Garcia-Sosa, K., Escalante-Erosa, F. and F. Peña-Rodríguez. 2009. Production of hydrophilic phytotoxins by *Mycosphaerella fijiensis*. *J Gen Plant Pathol*. 75: 191-195.
- Cronquist, A. 1981. An integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press. 298 pp.
- Detroux, L. 1966. Los Herbicidas y su Empleo. Editorial Oikos-tau, S.A.. Bélgica. 476 pp.
- Doll, J. y C. Fuentes. 1982. Los Herbicidas: Modo de actuar y síntomas de toxicidad. Editorial CIAT. Colombia. 35 pp.
- DeBach, P. 1985. Control Biológico de las Plagas, Insectos y Mala hierbas. Editorial Continental. 949 pp.

- Douglas, B. C., Hamed K. A. and J. C. William. 1993. Evaluation of *Fusarium oxysporum* as a Potential Bioherbicide for Sicklepod (*Cassia obtusifolia*), Coffee Senna (*C. occidentalis*), and Hemp Sesbania (*Sesbania exaltata*). *Weed Scie. Soc. of Amer.* 41(4): 678-681.
- Esser, K. and J.W. Bennett. 2002. *The Mycota*. Editorial Springer. USA . 417 pp.
- Evidente A., Cimmino A., Andolfi A., Vurro M., Chiara – Zonno M., Cantrell C. L. and A. Motta. (2008). Phyllostictines AeD, oxazatricycloalkenones produced by *Phyllosticta cirsii*, a potential mycoherbicide for *Cirsium arvense* Biocontrol. *Tetrahedron.* 64: 1612 – 1619.
- FAO. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Septiembre 19 del 2013. En <http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s00.htm#Contents>
- FAO. 2002. Agricultura mundial hacia los años 2015/2030: Perspectivas para el medio ambiente. Octubre 3 del 2013. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s11.htm#r>
- FAO. 2003a. Agricultura Orgánica ambiente y Seguridad Alimentaria. Editorial FAO. Italia. 253 pp.
- FAO. 2003b. ¿Es la Certificación Algo para Mí? Una Guía Práctica sobre por qué, cómo y con Quién Certificar Productos Agrícolas para la Exportación. Octubre 1 del 2013. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/ad818s/ad818s00.htm#Contents>
- FAO. 2013. *Statcal Yearbook 2013, World food and agriculture*. Septiembre 18 del 2013. En <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e03.pdf>
- Fryer, J.D. and R.J. Makepeace. 1977. *Weed Control Handbook*. Editorial J.H. Fearon. Gran Bretaña. 510 pp.

- Fuantes-Delgado, J.S. 1994. Evaluación de Herbicidas Pre y Postemergentes para el control de Malas Hierbas en el cultivo del Nogal (*Caryai Illinoensis* K.). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis de licenciatura. 78 pp.
- Fernández, C. y R. Juncosa. 2002 . Biopesticidas: ¿La agricultura del futuro?. Octubre 3 del 2013. En <http://infoxica2.files.wordpress.com/2010/01/1-12-biopesticidas-c2bf-la-agricultura-del-futuro.pdf>
- Glover, R. C. 1983. Control Químico de Malas Hierbas en Nogales: curso Corto Sobre Manejo de Huertos de Nogal. Universidad Estatal de Nuevo México. USDA. USA.
- Garcés, E., Orozco, M., Rocío-Bautista, G. y H. Valencia. (2001). *Fusarium oxysporum* el hongo que nos falta conocer. *Acta Biologica Colombiana*. 6(1): 7-18.
- García-Torres, L. y C. Fernández- Quintanilla. 1991. Fundamentos Sobre Malas Hierbas y Herbicidas. Editorial Mundi Prensa. España. 220 pp.
- Green, S. 2003. A Review of the Potential for the use of Bioherbicides to Control Forests Weed in the UK. *Forestry*. 76(3): 285-288.
- Gómez-Tovar, L. y L.A. Gómez-Cruz. 2004. La agricultura orgánica en México y el mundo. *CONABIO Biodiversitas*. 55: 13-15.
- Gutiérrez-Cabrera, M.I. 2006. Metabolitos secundarios de los hongos fitopatógenos *Chondrostereum purpureum* y *Nectria galligena*: actividad antimicrobiana y herbicida. Universidad de Talca. Tesis Doctoral. 127 pp.
- Hoagland, R. E. 1990. Microbes and microbial products as herbicides. Editorial American Chemical Society. USA. 341 pp

- Hoss, R., Helbig J. and H. Bochow. 2000. Function of Host and Fungal Metabolites in Resistance Response of Banana and Plantain in the Black Sigatoka Disease Pathosystem (*Musa* spp.-*Mycospharella fijensis*). *Jour. Phytopathol.* 148: 387-394.
- INIFAP. 2004. Dinámica de daño y control de antracnosis (*Colletotrichum gloesporoides*) en mango en Michoacan. Octubre 17 del 2013. En http://www.cofupro.org.mx/cofupro/archivo/fondo_sectorial/Michoacan/50michoacan.pdf
- Juárez-Rocha, J. 1988. Control Químico de Malezas en Post-emergencia y su Análisis Económico en el Cultivo de Manzano (*Pyrusmalus*L.) en San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis de Licenciatura. 150 pp.
- Klingman, G. C. and F.M. Ashton. 1980. Estudio de las Plantas Nocivas, Principios y Practicas. Editorial LIMUSA. México. 449 pp.
- Kroschel, J. and A. Elzein. 2004. Bioherbicidal Effect of Fumonisin B1, a Phytotoxic Metabolite Naturally Produced by *Fusarium nygamai*, on Parasitic Weeds of the Genus Striga. *Biocontrol Sci. and Technol.* 14 (2) 117-128
- López-Ramírez, R. 2003. Control Químico de la Maleza en el Cultivo de la Calabacita (*Cucurbita pepo* L.). Universidad Autónoma de Chapingo. Tesis de Licenciatura. 48 pp.
- Li, Y., Sun, Z., Zhuang, X., Xu, Li X., Chen, S. and L. Mingzhi . 2003. Research progress on microbial herbicides. *Crop Protection.* 22 :247–252
- Landscare Reserch. 2008. Inundative control Using Bioherbicides. Octubre 7 del 2013. En:

http://www.landcareresearch.co.nz/__data/assets/pdf_file/0014/20525/Inundative_Control_Using_Bioherbicides.pdf

- Makowski, R. M. 1993. Effect of inoculum concentration, temperature, dew period, and plant growth stage on disease of round-leaved mallow and velvetleaf by *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. malvae. *Phytopathol.* 83(11): 1229-1234.
- Manzo-Sánchez, G., Orozco-Santos, M. y S. Guzmán-González. 2001. Caracterización Morfológica de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet de la Región Pacífico-Centro de México y su Desarrollo en Medios Líquidos. *Revista Mexicana de Fitopatología.* 19(1): 66-71.
- Mónaco, T.J., Weller, S.C. and F.M. Ashton. 2002. *Weed Science, Principles and Practice*, Editorial John Wiley & Sons. USA. 655 pp
- Martínez-Mendoza, E.K. 2008. Efectos de extractos bacterianos sobre la germinación de semillas de malezas. Instituto politécnico nacional. Tesis de doctorado. 78 pp.
- Mingzhing, L., Ling, X. and S. Ziling. 2007. Isolation and Characterization of a Phytotoxin from *Xanthomonas campestris* pv. *Retroflexus*. *Chin. J. Chem. Eng.* 15(5) 639-642.
- Nakajima, M., Itoi, K., Takamatsu, Y., Kinoshita, T., Okazaki, T., Kawakubo, K., Shindo, M., Honma, T., Tohjigamori, and T. Haneishi. 1991. Hydantocidin: a new compound with herbicidal activity from *Streptomyces hygrosopicus*. *The Journal of Antibiotics.* 44: 293-300.
- Nuez, F., Gil-Ortega, R. y J. Costa. 2003. *El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajies*. Editorial Mundi Prensa. España. 351 pp.

- Ortiz-Ribbing, L. and M. M. Williams. 2006. Potential of *Phomopsis amaranthicola* and *Microsphaeropsis amaranthi*, as bioherbicides for several weedy *Amaranthus* species. *Crop Protección*. 25:39-46.
- Organic World 2013. Pagina web sobre datos globales sobre agricultura orgánica. Gráficas y mapas la agricultura orgánica mundial 2013. 2 octubre del 2013. Disponible en <http://www.organic-world.net/2419.html?&L=0>
- Pérez-Castro, L.M., Saquero, M.J. y J.D. Beltrán-Herrera. 2003. Caracterización morfológica y patogénica de *Colletotrichum sp.* como agente causal de la antracnosis en ñame *Dioscorea sp.* *Revista Colombiana de Biotecnología*. 5(1): 24-35.
- Palacio-Bielsa, A., Cambra, M.A., Milagros, L.M., Ordax, M., Peñalver J., Gorris, M.T., Cambra, M., Marco-Noales, E., Llop P., Biosca, E., Rosello ,M., Montesinos, E., Llorente, I., Badosa, E., Cabrefiga, J., Bonaterra, A., Ruz, L., Moragrega, C., Frances, J. y C. Díaz. 2009. El Fuego Bacteriano de las rosáceas (*Erwinia amylovora*). Editorial Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. España. 95 pp.
- Quezada-Guzmán, E. y O. Agundis-Mata. 1984. Maleza del Estado de Sonora y Cultivos que Infesta. p. 2.
- Quarles, W. 2010. Alternative Herbicides in Turfgrass and Organic Agriculture. *IPM Practitioner*. 32(5): 1-15.
- Rice, R.P. 1992. Nursery and Landscape Weed Control Manual. Editorial Thomson Publications. USA. 290 pp.
- Romero-Cova, S. 1993. Hongos fitopatógenos. Editorial UACH. México. 347 pp.

- Rojas-Garcidueñas, M. y R. J. Vásquez-Gonzales. 1995 Manual de Herbicidas y Fitoreguladores, Aplicación y uso de productos agrícolas. Editorial LIMUSA. México. 154 pp.
- Rojas-Garcidueñas, M. y H. Gámez-Gonzales. 2002. Herbicidas de origen natural. UANL. *Ciencia*. 5(2): 160-164.
- Rapoport, E.H., Marzocca, A. y I. B. S. Drausa. 2009. Malezas comestibles del cono sur y otras partes del planeta. Septiembre 23 del 2013. Disponible en <http://eduardorapoport.weebly.com/malezas-comestibles-del-cono-sur-libro.html>
- SARH. 1992. Malezas Comunes en Cultivos Agrícolas de México: descripción, distribución, importancia económica y control. Serie Sanidad Vegetal. México. 91 pp.
- Sánchez-Garita, V. 1999 .Control Biológico de *Rottboellia cochinchinensis*. Editorial CATIE. Costa Rica. 163 pp.
- Soto, G. y R. Muschler. 2001. Génesis, fundamentos y situación actual de la Agricultura Orgánica. *Manejo integrado de Plagas*. 62: 101-105.
- Sanxaena, S. and A.K. Pandey.2001. Microbial Metabolites aseco-friendly agrochemicals for the next millennium. *Appl. Microbiol .Biotechnol*. 55: 395-403.
- Sangameswaran, B. and B. Jakar.2008. Anti-diabetic, anti-hyperlipidemic and spermatogenic effects of *Amaranthus spinosus* Linn.onstreptozotocin-induced diabetic rats. *Jour. Nat. Med*. 62(1): 79-82.
- Scheepens, P.C., Kkempenaar, C., Andreassen.C., Eggers , T.H. 3, Netland, J., and M. Vurro. 1997. Biological control of the annual weed *Chenopodium album*, with emphasis on the application of *Ascochyta caulina* as a microbial herbicide. *Integ. Pest Manag. Rev*. 2:71–76

- Smith Jr., R. 1968. Weed competition in rice. *Weed Sci.* 16: 252-255.
- Templenton, G.E., Smith, .Jr.R. and D.O. TeBeest.1986. Progres an Potential of weed control with mycoherbicides. *Rev. Weed. Scie.* 2: 1-14.
- Villareal-Quintanilla, J.A. 1988. Malezas de Buenavista Coahuila. Editorial Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 267 pp.
- Vesonder, R. V. , Labeda, D.P. and R. E. Peterson. 1992. Phytotoxic activity of selected water-soluble metabolites of *Fusarium* against *Lemna minor* L. (Duckweed). *Mycopathologia.* 118: 185-189
- Wilkinson, R.E. y H.E. Jaques.1972. How to Know the Weeds. Editorial C. Brown Company Publisher. USA. 232 pp.
- Yildirim, I., Turhan H. and B. Özgen. 2010. The effects of head rot disease (*Rhizopus stolonifer*) on sunflower genotypes at two different growth stages. *Turkish Journal of Field Crops.* 15(1): 94-98.

APÉNDICE

Cuadro 4. Porcentaje de daño foliar en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora de 5-10 cm de altura. De acuerdo a la escala EWRC. Promedio de cuatro repeticiones. Análisis por Rangos de Friedman. 2013.

| Tratamiento | 1ª evaluación (3 DDA) | 2ª evaluación (5 DDA) | 3ª evaluación (10 DDA) | 4ª evaluación (15 DDA) |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 1.25 a | 2.50 a | 7.75 a | 10.7 a |
| 2 | 7.75 a | 9.50 a | 10.7 a | 11.7 a |
| 3 | 5.75 a | 6.25 a | 8.75 a | 10.7 a |
| 4 | 5.00 a | 5.00 a | 7.75 a | 10.2 a |
| 5 | 4.50 a | 8.00 a | 10.0 a | 11.0 a |
| 6 | 5.75 a | 7.25 a | 9.75 a | 12.5 a |
| 7 | 6.50 a | 8.00 a | 9.50 a | 11.0 a |
| 8 | 11.7 a | 15.0 a | 17.7 a | 17.7 a |
| 9 | 100 b | 100 b | 100 b | 100 b |
| 10 | 0.00 a | 0.00 a | 0.00 a | 0.00 a |
| X ² r | 26.15 | 31.05 | 25.96 | 23.35 |
| X ² r, 0.05 | 16.92 | | | |
| DMS=45 | | | | |

DDA: Días después de la aplicación.

Cuadro 5. Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de altura de plantas, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora. Aplicado de 5-10 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013.

| Tratamiento | Ev. Antes de aplic.N.S | 1ª evaluación (3 DDA)** | 2ª evaluación (5 DDA)** | 3ª evaluación (10 DDA)** | 4ª evaluación (15 DDA)** |
|----------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 4.52 a | 8.79 a | 12.77 a | 21.52 b | 25.27 a |
| 2 | 4.55 a | 9.20 a | 12.87 a | 22.65 ab | 25.65 a |
| 3 | 4.50 a | 9.52 a | 13.20 a | 23.29 ab | 26.29 a |
| 4 | 4.55 a | 9.45 a | 13.65 a | 21.95 ab | 26.90 a |
| 5 | 4.55 a | 8.87 a | 12.42 a | 22.37 ab | 26.25 a |
| 6 | 4.55 a | 9.37 a | 13.75 a | 21.47 b | 26.12 a |
| 7 | 4.67 a | 9.65 a | 13.05 a | 24.15 a | 26.42 a |
| 8 | 4.37 a | 9.32 a | 12.75 a | 23.09 ab | 26.34 a |
| 9 | 4.45 a | 4.97 b | 0.00 b | 0.00 c | 0.00 b |
| 10 | 4.30 a | 9.32 a | 12.92 a | 21.57 b | 25.19 a |
| f cal. | 1.45 | 14.93 | 55.51 | 87.45 | 115.69 |
| f g.l. 0.05, 0.01 | 2.25,3.15 | | | | |
| C.V. | 3.86 | 8.11 | 9.48 | 7.57 | 6.55 |
| DMS | ----- | 1.04 | 1.61 | 2.22 | 2.22 |

DDA: Días después de la aplicación.

DMS: Diferencia mínima significativa.

N.S: Sin diferencia significativa.

** : Diferencia altamente significativa.

Cuadro 6. Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de peso seco, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora. Aplicado de 5-10 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013.

| Tratamiento | Evaluación al final del ensayo** |
|---------------------|----------------------------------|
| 1 | 0.035 ab |
| 2 | 0.043 a |
| 3 | 0.044 a |
| 4 | 0.034 ab |
| 5 | 0.036 ab |
| 6 | 0.031 b |
| 7 | 0.042 ab |
| 8 | 0.037 ab |
| 9 | 0.000 c |
| 10 | 0.035 ab |
| f cal. | 10.88 |
| f 9 g.l. 0.05, 0.01 | 2.25, 3.15 |
| C.V. | 22.54 |
| DMS | 0.01 |

DMS: Diferencia mínima significativa.

** : Diferencia altamente significativa.

Cuadro 7. Porcentaje de daño foliar en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora a 10-15 cm de altura. De acuerdo a la escala EWRC. Promedio de cuatro repeticiones. Análisis por Rangos de Friedman. 2013.

| Tratamiento | 1ª evaluación (3 DDA) | 2ª evaluación (5 DDA) | 3ª evaluación (10 DDA) | 4ª evaluación (15 DDA) |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 3.25 a | 5.00 a | 7.50 a | 8.75 a |
| 2 | 2.75 a | 4.50 a | 14.5 a | 15.5 a |
| 3 | 0.50 a | 7.00 a | 9.75 a | 9.75 a |
| 4 | 6.25 a | 12.5 a | 13.2 a | 13.7 a |
| 5 | 5.00 a | 7.00 a | 8.75 a | 9.25 a |
| 6 | 1.25 a | 6.25 a | 7.50 a | 8.25 a |
| 7 | 9.00 a | 11.2 a | 12.5 a | 13.0 a |
| 8 | 9.25 a | 13.7 a | 17.7 a | 18.7 a |
| 9 | 100 b | 100 b | 100 b | 100 b |
| 10 | 0.00 a | 0.00 a | 0.00 a | 0.00 a |
| X ² r | 27.24 | 29.04 | 26.00 | 25.80 |
| X ² r, 0.05 | 16.92 | | | |
| DMS= 45 | | | | |

DDA: Días después de la aplicación.

Cuadro 8. Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de altura de plantas, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora. Aplicado de 10-15 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013.

| Tratamiento | Ev. Antes de aplic.N.S | 1ª evaluación (3 DDA)* | 2ª evaluación (5 DDA)* | 3ª evaluación (10 DDA)** | 4ª evaluación (15 DDA)** |
|------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 10.54 a | 12.20 ab | 13.52 ab | 17.72 ab | 21.27 b |
| 2 | 10.60 a | 12.07 ab | 13.75 ab | 18.30 ab | 20.65 b |
| 3 | 10.32 a | 12.26 ab | 13.52 ab | 18.25 ab | 23.00 ab |
| 4 | 10.57 a | 11.75 ab | 13.40 ab | 16.75 b | 21.25 b |
| 5 | 11.45 a | 13.00 ab | 14.27 ab | 19.90 ab | 23.87 ab |
| 6 | 11.22 a | 13.17 ab | 14.60 ab | 18.62 ab | 22.85 ab |
| 7 | 9.82 a | 11.50 bc | 12.70 b | 17.70 ab | 23.32 ab |
| 8 | 11.27 a | 13.57 a | 13.72 ab | 20.50 a | 26.07 a |
| 9 | 9.52 a | 9.72 c | 9.72 c | 0.00 c | 0.00 c |
| 10 | 10.61 a | 12.75 ab | 15.40 a | 19.37 ab | 26.17 a |
| f cal. | 0.99 | 2.91 | 2.86 | 24.35 | 31.38 |
| f 9 g.l. 0.05, 0.01 | 2.25,3.15 | | | | |
| C.V. | 11.61 | 10.43 | 13.21 | 14.4 | 12.95 |
| DMS | ----- | 1.84 | 2.58 | 3.51 | 3.91 |

DDA: Días después de la aplicación.

DMS: Diferencia mínima significativa.

N.S: Sin diferencia significativa.

*: Diferencia significativa.

** : Diferencia altamente significativa.

Cuadro 9. Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de peso seco, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre sorgo, como planta indicadora. Aplicado de 10-15 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013.

| Tratamiento | Evaluación al final del ensayo** |
|---------------------|----------------------------------|
| 1 | 0.145 de |
| 2 | 0.121 f |
| 3 | 0.156 bcd |
| 4 | 0.134 ef |
| 5 | 0.168 abc |
| 6 | 0.154 cd |
| 7 | 0.173 ab |
| 8 | 0.160 abcd |
| 9 | 0.000 g |
| 10 | 0.176 a |
| f cal. | 64.08 |
| f 9 g.l. 0.05, 0.01 | 2.25,3.15 |
| C.V. | 9.31 |
| DMS | 0.01 |

DMS: Diferencia mínima significativa.

** : Diferencia altamente significativa.

Cuadro 10. Porcentaje de daño foliar en tratamientos aplicados en postemergencia sobre frijol, como planta indicadora de 5-10 cm de altura. De acuerdo a la escala EWRC. Promedio de cuatro repeticiones. Análisis por Rangos de Friedman. 2013.

| Tratamiento | 1ª evaluación (3 DDA) | 2ª evaluación (5 DDA) | 3ª evaluación (10 DDA) | 4ª evaluación (15 DDA) |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 13.0 a | 15.0 a | 13.0 a | 11.0 a |
| 2 | 10.2 a | 11.0 a | 11.0 a | 10.2 a |
| 3 | 11.7 a | 12.2 a | 11.7 a | 9.50 a |
| 4 | 10.7 a | 12.5 a | 10.7 a | 9.00 a |
| 5 | 16.5 a | 17.5 a | 16.5 a | 11.0 a |
| 6 | 11.2 a | 12.5 a | 12.0 a | 9.75 a |
| 7 | 7.70 a | 9.00 a | 9.00 a | 7.75 a |
| 8 | 11.5 a | 13.7 a | 13.2 a | 11.7 a |
| 9 | 96.2 b | 96.5 b | 96.2 b | 97.7 b |
| 10 | 0.00 a | 0.00 a | 0.00 a | 0.00 a |
| X ² r | 25.35 | 23.90 | 22.54 | 22.21 |
| X ² r, 0.05 | 16.92 | | | |
| DMS= 45 | | | | |

DDA: Días después de la aplicación.

Cuadro 11. Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de altura de plantas, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre frijol, como planta indicadora. Aplicado de 5-10 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013.

| Tratamiento | Ev. Antes de aplic.N.S | 1ª evaluación (3 DDA)** | 2ª evaluación (5 DDA)** | 3ª evaluación (10 DDA)** | 4ª evaluación (15 DDA)** |
|------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 7.17 a | 17.60 ab | 19.92 ab | 28.37 c | 29.04 b |
| 2 | 7.57 a | 18.37 a | 20.80 a | 34.65 a | 39.42 a |
| 3 | 7.30 a | 17.37 ab | 19.20 ab | 29.02 bc | 32.47 ab |
| 4 | 8.02 a | 16.82 ab | 19.27 ab | 33.70 ab | 34.67 ab |
| 5 | 7.57 a | 16.52 ab | 17.54 b | 29.92 abc | 32.40 ab |
| 6 | 8.00 a | 16.67 ab | 19.75 ab | 30.29 abc | 34.19 ab |
| 7 | 6.85 a | 16.62 ab | 19.82 ab | 28.07 c | 29.62 b |
| 8 | 7.02 a | 15.35 b | 18.04 ab | 28.97 bc | 34.42 ab |
| 9 | 8.35 a | 8.37 c | 7.95 c | 6.02 d | 1.08 c |
| 10 | 7.00 a | 17.29 ab | 20.35 ab | 32.25 abc | 36.42 ab |
| f cal. | 0.49 | 11.44 | 12.56 | 19.82 | 15.30 |
| f 9 g.l. 0.05, 0.01 | 2.25,3.15 | | | | |
| C.V. | 19.21 | 10.39 | 11.58 | 12.92 | 18.06 |
| DMS | ----- | 2.42 | 3.06 | 5.27 | 7.96 |

DDA: Días después de la aplicación.

DMS: Diferencia mínima significativa.

N.S: Sin diferencia significativa.

** : Diferencia altamente significativa.

Cuadro 12. Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de peso seco, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre frijol, como planta indicadora. Aplicado de 5-10 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013.

| Tratamiento | Evaluación al final del ensayo** |
|---------------------|----------------------------------|
| 1 | 0.293 ab |
| 2 | 0.252 b |
| 3 | 0.265 b |
| 4 | 0.294 ab |
| 5 | 0.320 ab |
| 6 | 0.288 b |
| 7 | 0.303 ab |
| 8 | 0.371 a |
| 9 | 0.022 c |
| 10 | 0.251 b |
| f cal. | 11.87 |
| f 9 g.l. 0.05, 0.01 | 2.25,3.15 |
| C.V. | 20.17 |
| DMS | 0.07 |

DMS: Diferencia mínima significativa.

** : Diferencia altamente significativa.

Cuadro 13. Porcentaje de daño foliar en tratamientos aplicados en postemergencia sobre frijol, como planta indicadora de 10-15 cm de altura. De acuerdo a la escala EWRC. Promedio de cuatro repeticiones. Análisis por Rangos de Friedman. 2013.

| Tratamiento | 1ª evaluación (3 DDA) | 2ª evaluación (5 DDA) | 3ª evaluación (10 DDA) | 4ª evaluación (15 DDA) |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 12.5 a | 12.5 a | 5.00 a | 3.50 a |
| 2 | 16.2 a | 15.0 a | 13.7 a | 10.7 a |
| 3 | 20.7 a | 18.7 a | 16.2 a | 11.2 a |
| 4 | 19.0 a | 16.5 a | 15.7 a | 11.7 a |
| 5 | 16.5 a | 16.5 a | 16.5 a | 11.5 a |
| 6 | 16.2 a | 17.0 a | 17.0 a | 13.0 a |
| 7 | 16.2 a | 21.0 a | 18.7 a | 13.2 a |
| 8 | 15.2 a | 20.5 a | 19.5 a | 16.7 a |
| 9 | 95.0 b | 92.5b | 92.0 b | 92.2 b |
| 10 | 0.00 a | 0.00 a | 0.00 a | 0.00 a |
| X ² r | 21.7 | 24.0 | 25.5 | 25.6 |
| X ² r, 0.05 | 16.92 | | | |
| DMS= 45 | | | | |

DDA: Días después de la aplicación.

Cuadro 14. Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de altura de plantas, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre frijol, como planta indicadora. Aplicado de 10-15 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013.

| Tratamiento | Ev. Antes de aplic.* | 1 ^a evaluación (3 DDA)N.S. | 2 ^a evaluación (5 DDA)** | 3 ^a evaluación (10 DDA)** | 4 ^a evaluación (15 DDA)** |
|------------------------|----------------------------|---|---|--|--|
| 1 | 15.57 ab | 18.37 a | 21.25 ab | 33.90 ab | 37.02 ab |
| 2 | 12.42 ab | 15.25 a | 19.47 abc | 35.00 ab | 44.25 a |
| 3 | 12.77 bcd | 14.95 a | 19.00 bc | 27.27 d | 28.42 b |
| 4 | 12.70 bcd | 14.25 a | 19.10 bc | 27.87 cd | 30.90 b |
| 5 | 12.37 cd | 15.90 a | 18.51 c | 29.52 bcd | 34.07 ab |
| 6 | 12.60 bcd | 14.85 a | 19.22 bc | 33.02 bc | 34.92 ab |
| 7 | 13.12 bcd | 15.45 a | 19.95 abc | 32.65 bcd | 37.85 ab |
| 8 | 13.92 abc | 16.29 a | 19.77 abc | 39.40 a | 43.17 a |
| 9 | 12.27 d | 12.50 a | 13.17 d | 13.85 e | 13.65 c |
| 10 | 16.65 a | 18.87 a | 21.97 a | 39.37 a | 41.60 a |
| f cal. | 2.87. | 2.24 | 6.95 | 14.84 | 6.43 |
| f 9 g.l. 0.05, 0.01 | 2.25,3.15 | | | | |
| C.V. | 15.92 | 15.95 | 9.31 | 12.30 | 20.44 |
| DMS | 3.05 | ----- | 2.58 | 5.56 | 10.25 |

DDA: Días después de la aplicación.
DMS: Diferencia mínima significativa.
N.S: Sin significancia.

Cuadro 15. Comparación de medias (DMS) con nivel de significancia 0.05, de peso seco, en tratamientos aplicados en postemergencia sobre frijol, como planta indicadora. Aplicado de 10-15 cm de altura. Análisis por ANOVA. 2013.

| Tratamiento | Evaluación al final del ensayo** |
|---------------------|----------------------------------|
| 1 | 0.303 def |
| 2 | 0.316 cde |
| 3 | 0.291 ef |
| 4 | 0.300 def |
| 5 | 0.317 cde |
| 6 | 0.416 ab |
| 7 | 0.394 abc |
| 8 | 0.377 bcd |
| 9 | 0.224 f |
| 10 | 0.459 a |
| f cal. | 6.45 |
| f 9 g.l. 0.05, 0.01 | 2.25,3.15 |
| C.V. | 16.19 |
| DMS | 0.07 |

DMS: Diferencia mínima significativa.
**: Diferencia altamente significativa